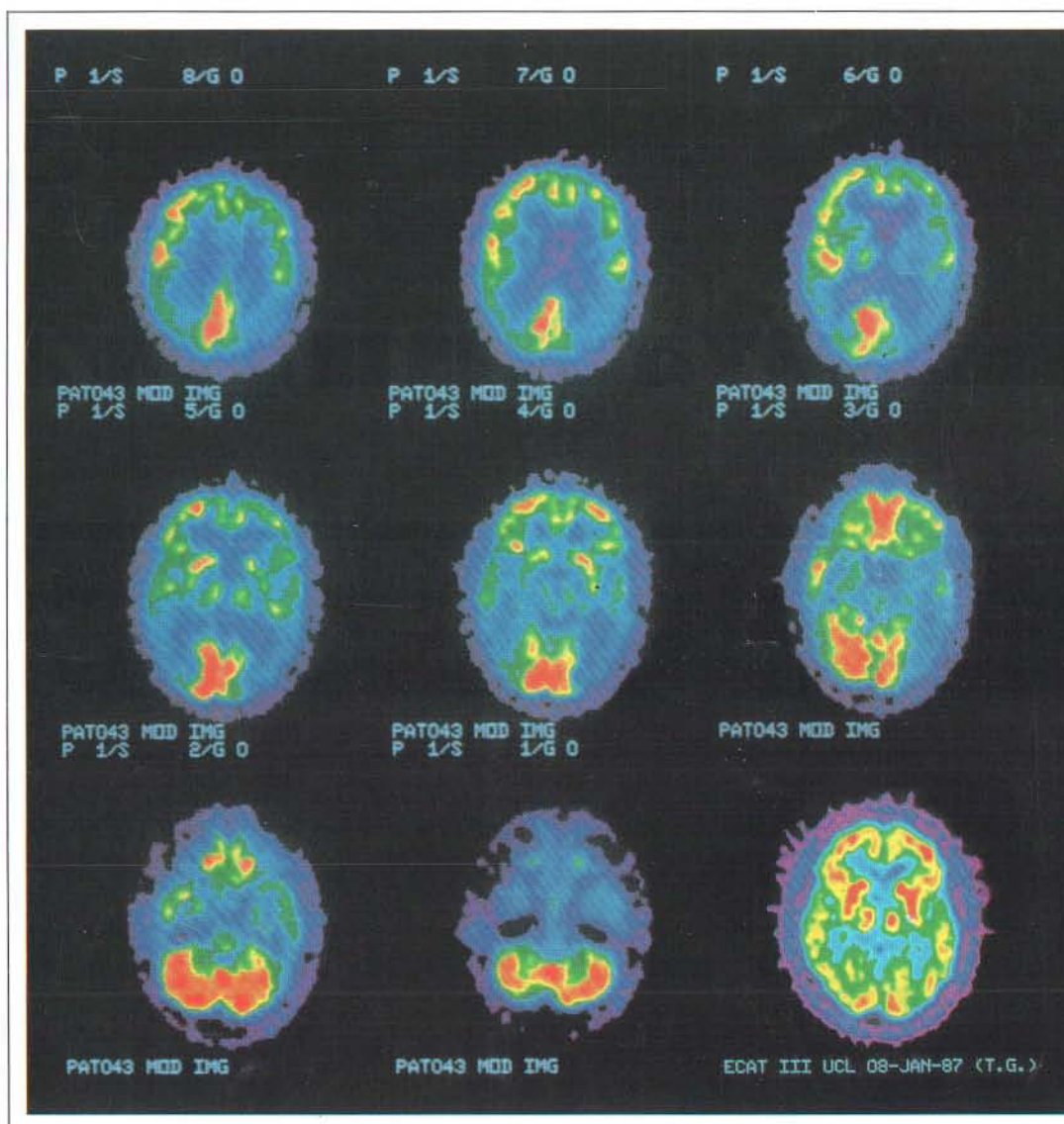


3

55<sup>e</sup> jaargang

# NATUUR '87 & TECHNIEK

natuurwetenschappelijk en technisch maandblad



SPRINKHANENPLAGEN/HOUTSKELETBOUW/VORSTSCHADE AAN PLANTEN/  
ALZHEIMER/MAGNETOHYDRODYNAMISCHE GENERATOR/ULTRAMARIJN



De Nederlandse organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek TNO verricht onderzoek waarvan de resultaten toepassing vinden in de samenleving, met name in de industrie.

De belangrijkste onderzoekgebieden zijn industriële technologie, energie, milieu, voeding, gezondheid, defensie en bouwen en wonen.

De organisatie telt 5.000 medewerkers, die in een 35-tal instituten en werkgroepen verspreid over Nederland werkzaam zijn.

Jaarlijks worden 20.000 opdrachten uitgevoerd met een gezamenlijke omzet van 600 miljoen gulden.

TNO biedt medewerkers de middelen en de ruimte om hun kennis in een professionele omgeving toe te passen en te verdiepen.

Werkzaam zijn bij TNO geeft u de mogelijkheid om u binnen de eigen discipline verder te ontwikkelen door achtereenvolgens op verschillende van de hierboven genoemde onderzoekgebieden werkzaam te zijn.

Het Houtinstituut ondersteunt, als onderdeel van de hoofdgroep Industriële Produkten en Diensten de houtverwerkende industrieën, de houthandel en de timmer- en meubel-industrie.

Hoofdonderwerpen zijn: houtanatomie en microtechnologie, biologie en duurzaamheid, hout-veredeling en chemie, mechanische eigenschappen, technologieën en productie, timmerwerk, houtbouw en fysische processen.

Het Houtinstituut in Delft zoekt een

## Bioloog

(m/v)

Het werkveld bestaat uit:

- onderzoek naar de biodegradatie van hout en plaatmaterialen, alsmede van hout afgeleide producten, gericht op de natuurlijke duurzaamheid van de grondstof en de levensduur van het materiaal of produkt;
- onderzoek naar het verduurzamen van hout, zowel wat betreft de verduurzamingsmiddelen, als de verduurzamingstechniek of methode;
- identificatie van houtsoorten;
- advisering aan kleine en middelgrote bedrijven in de houtbranche en de daarbij behorende toeleveringsbedrijven.

Taken:

- coördineren en uitvoeren van onderzoek;
- leiding geven aan een kleine groep medewerkers;
- rapporteren van onderzoek en schrijven van publikaties;
- initiëren en onderhouden van in- en externe contacten;
- verrichten van acquisitie op bovengenoemde werkvelden.

Functie-eisen:

- universitaire opleiding Biologie of Landbouwkunde;
- kennis van hout- en/of planten-anatomie;
- kennis van micro-organismen;
- belangstelling voor fysisch/chemische processen in hout;
- redactionele vaardigheden;
- interesse voor dienstverlening in midden- en kleinbedrijf;
- leeftijd bij voorkeur niet ouder dan 40 jaar.

Inlichtingen worden gaarne verstrekt door  
Dr. Ir. G. M. Coops, 015-569330, toestel 2306.

Sollicitaties met vermelding van nummer NT-1360-10 binnen 14 dagen te richten aan de Personeelsdienst TNO regio-Delft, t.a.v. mw. B. J. den Dulk, Postbus 67, 2600 AB DELFT.

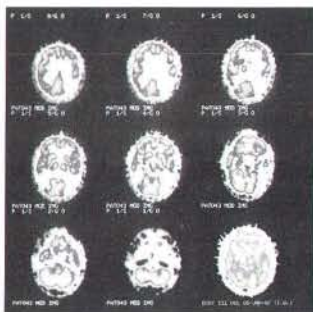
## TNO / Research voor de praktijk



# NATUUR '87 & TECHNIEK

Losse nummers:  
f 8,45 of 175 F.

**natuurwetenschappelijk en technisch maandblad**



## Bij de omslag

Fysiologische veranderingen in de hersenen die optreden bij de ziekte van Alzheimer kunnen in beeld gebracht worden met behulp van Positron Emissie Tomografie. Rechtsonder zien we een normaal beeld; de andere zijn gemaakt van Alzheimerpatiënten. De overheersend blauwe kleur bij de patiënten duidt op een verlaagd glucoseverbruik.

(Foto: Dr André M. Goffinet, Université de Louvain-la-Neuve.)

Hoofdredacteur: Th.J.M. Martens.

Adj. hoofdredacteur: Dr G.M.N. Verschuuren.

Redactie: Drs H.E.A. Dassen, Drs W.G.M. Köhler, Drs T.J. Kortbeek.

Secretaris: R. van Eck.

Redactiesecretaresse: T. Habets-Oldé Juninck.

Redactiemedewerkers: A. de Kool, Drs J.C.J. Masschelein, Dr J. Willems.

Wetenschappelijke correspondenten: Ir J.D. van der Baan, Dr P. Bentvelzen, Dr W. Bijleveld, Dr E. Dekker, Drs C. Floor, Dr L.A.M. v.d. Heijden, Ir F. Van Hulle, Dr F.P. Israel, Drs J.A. Jasperse, Dr D. De Keukeleire, Dr F.W. van Leeuwen, Ir T. Luyendijk, P. Mombaerts, Dr C.M.E. Otten, Ir A.K.S. Polderman, Dr J.F.M. Post, R.J. Querido, Dr A.F.J. v. Raan, Dr A.R. Ritsema, Dr M. Sluys, Dr J.H. Stel, J.A.B. Verduijn, Prof dr J.T.F. Zimmerman.

Redactie Adviesraad: Prof dr W. J. van Doorenmaalen, Prof dr W. Fiers, Prof dr J. H. Oort, Prof dr ir A. Rörsch, Prof dr R. T. Van de Walle, Prof dr F. Van Noten.

De Redactie Adviesraad heeft de taak de redactie van Natuur en Techniek in algemene zin te adviseren en draagt geen verantwoordelijkheid voor afzonderlijke artikelen.

Grafische vormgeving: H. Beurskens, W. Keulers-van den Heuvel, M. Verreijt, E. Vijgen.

Druk: VALKENBURG OFFSET b.v., Echt (L.). Tel.: 04754-1223\*.

Redactie en Administratie zijn te bereiken op:

Voor Nederland: Postbus 415, 6200 AK Maastricht. Tel.: 043-254044\*.

Voor België: Tervurenlaan 32, 1040-Brussel. Tel.: 00-3143254044

**EURO**  
ARTIKEL

Artikelen met nevenstaand vignet resulteren uit het EURO-artikelen project, waarin NATUUR EN TECHNIEK samenwerkt met ENDEAVOUR (GB), LA RECHERCHE (F), BILD DER WISSENSCHAFT (D), SCIENZA E TECNICA (I), TECHNOLOGY IRELAND (EI) en PERISCOPIO TIS EPISTIMIS (GR), met de steun van het Directoraat-generaal Telecommunicatie, Informatie-industrieën en Innovatie van de Commissie van de Europese Gemeenschappen.



Gehele of gedeeltelijke overname van artikelen en illustraties in deze uitgave (ook voor publikaties in het buitenland) mag uitsluitend geschieden met schriftelijke toestemming van de uitgever en de auteur(s).

Een uitgave van

ISSN 0028-1093



**Centrale uitgeverij en adviesbureau b.v.**

---

# INHOUD

---

BOEKEN/ACTUEEL	IV
AUTEURS	VIII
HOOFDARTIKEL	181

---

## SPRINKHANENPLAGEN

182

Vraatzuchtige zwermen

**A. van Huis**

Na jaren van hongersnoden als gevolg van droogte vormden vorig jaar sprinkhanen een ernstige bedreiging voor de voedselproductie in Afrika. De meeste landen worden er in min of meer ernstige mate door getroffen. Welke factoren maken dat sprinkhanen ineens een plaag kunnen worden en dat gedurende vele jaren kunnen blijven? Zijn er mogelijkheden om tijdig het ontstaan van een plaag te voorspellen en hoe kunnen de sprinkhanen bestreden worden zonder overbodige aantasting van het milieu?



---

## ULTRAMARIJN

194

**G.L.J.H. Samyn**

Lapis lazuli was al in het oude Mesopotamië een gewilde siersteen. De diepblauwe kleur wordt veroorzaakt door ultramarijn, een stof die schilders graag als pigment in hun verven gebruiken. In de vorige eeuw kwam de produktie van synthetische ultramarijn van de grond. De chemische industrie produceerde het tot voor kort volgens een bijna archeologische technologie. Strengere milieueisen zorgden ervoor dat slechts een paar bedrijven deze produktie nog aankunnen. Veel kleinere moesten het veld ruimen.



---

## DE ZIEKTE VAN ALZHEIMER

206

Neurobiologisch perspectief

**E. Fliers en D. Troost**

De ziekte van Alzheimer is de meest voorkomende vorm van dementie, die als gevolg van de vergrijzing van de bevolking steeds vaker voorkomt. Hoewel er al veel kennis over vergaard is, tast men nog in het duister omtrent de oorzaak. Ook is nog geen geneesmiddel bekend dat de ziekte kan tegengaan of vertragen. Omdat er geen diermodel aanwezig is, is men aangewezen op onderzoek aan menselijke hersenen. Gezien het groeiende belang van de ziekte worden hiervoor veel faciliteiten, waaronder een hersenbank, geschapen.





# NATUUR '87 & TECHNIEK

maart/55<sup>e</sup> jaargang/1987



## HOUTSKELETBOUW

218

Vakwerk in vakwerk

**H.P.M. Hillegers**

De term vakwerk heeft betrekking op een bouwwijze die bestaat uit rechthoekige witgekalkte vakken, omlijst door een raam van zwartgeteerd houtwerk. Een betere term is houtskeletbouw. Voorbeelden ervan komt men op vele plaatsen in Europa tegen. Houtskeletbouw, gedurende vele eeuwen de traditionele bouwwijze, is in een ander opzicht wel degelijk vakwerk: het is een ingenieus, eenvoudig, functioneel en ecologisch verantwoord systeem van bouwen, dat ook nu nog grote verwondering en bewondering afdwingt.



## DE MAGNETOHYDRODYNAMISCHE GENERATOR

234

Stroom uit stromen

**L.H.Th. Rietjens**

Het overgrote deel van het elektrisch vermogen dat de mensheid gebruikt wordt opgewekt in een stoomcyclus: uit een primaire brandstof wordt warmte vrijgemaakt, die in een stoomturbine met generator wordt omgezet in elektrische energie. Volgens de wetten van de thermodynamica is met deze vorm van elektriciteitsopwekking een rendement van 60% te halen. Wil men hoger, dan moet men naar andere technieken omzien. Wellicht kan de magnetohydrodynamische generator in de toekomst uitkomst bieden.



## VORSTSCHADE AAN PLANTEN

246

**B.W.W. Grout**

Bevriezing van het weefsel van hoger planten kan schade tot gevolg hebben en zelfs dodelijk zijn. De door de vorst veroorzaakte belasting beïnvloedt de verspreiding en de voortplanting en kan leiden tot sterk verminderde opbrengsten in land- en tuinbouw. Sommige gewassen zijn echter tamelijk resistent. Daarentegen kunnen ultralage temperaturen worden gebruikt om plantemateriaal te bewaren. Daarbij wordt doorgaans gebruik gemaakt van natuurlijke resistentie. Waaruit bestaat de aangerichte schade en hoe beschermen resistente planten zich?

## ANALYSE EN KATALYSE

256

Het mannenbolwerk der natuurwetenschap/Kinderen à la carte/Geld, ruzie en ethiek achter Aids/De ontkenning

## TOETSVRAGEN/PRIJSVRAAG FOTO VAN DE MAAND

266

## Het Vreemde der Aarde

**Gerard Bodifée. Het vreemde der Aarde. Uitgeverij De Nederlandse Boekhandel, Kapellen. f 37,50. Bfr 595. ISBN 90289 10 808.**

Sinds de Copernicaanse revolutie is het steeds duidelijker geworden dat de aarde een doodgewone planeet is, een onooglijk stofdeeltje in het immense kosmische theater. Verre van het centrum van het heelal te zijn, bestaan er miljarden gelijkwaardige planeten, die bij hun oorsprong in geen enkel fysisch of chemisch opzicht van de aarde verschild hebben.

Tegenover deze kosmische onbenulligheid wordt de wetenschap evenwel geconfronteerd met het fenomeen *leven* op aarde. Op de maan, op de andere planeten van het zonnestelsel, kortom overal buiten de aarde, treffen we (voor zover we weten) een doodse stilte aan, is de materie onderworpen aan de blinde natuurwetten. Zijn wij misschien toch alleen?

*Het Vreemde der Aarde* gaat over deze indringende paradox. Gerard Bodifée, astrofysicus en waarnemend directeur van het Planetarium te Brussel, neemt de lezer mee op een fascinerende ontdekkingsreis. Het boek werd in België reeds bekroond met De Standaardprijs 1986.

Het verhaal is uitermate logisch opgebouwd, stapsgewijze komt Bodifée tot de centrale vraagstelling. Leven kenmerkt zich door een permanent uitgesproken niet-evenwicht. Volgens de tweede wet van de klassieke thermodynamica, streeft het heelal naar steeds meer wanorde. Dit neemt niet weg dat lokaal de entropie, als maat voor de wanorde, kan afnemen, op voorwaarde dat de entropie in de omgeving minstens evenzeer toeneemt. Doch de orde die op deze manier bijvoorbeeld in een kristalliserende zoutoplossing ontstaat, is van een andere aard dan de orde van levende we-

zens. Deze zijn bij uitstek open systemen die ver van het evenwicht verkeren, door een permanente energie- en materieflux. Volgens de moderne niet-evenwichts-thermodynamica van de Brusselse hoogleraar Ilya Prigogine, kan in dergelijke omstandigheden de materie een spontane zelforganisatie vertonen, die essentieel onvoorspelbaar is. Toevallige fluctuaties kunnen zich ontwikkelen tot instabiliteiten, die het ontstaan geven aan nieuwe tijd-ruimtestructuren waarin de energie afgevoerd, gedissepeerd, wordt: vandaar de term *dissipatieve structuren*. Kenmerkend voor dissipatieve structuren is de onvoorspelbaarheid. Op elk ogenblik moeten er beslissingen genomen worden omtrent de richting die het systeem uitgaat. Er is dus slechts één natuurwet in het heelal, die echter verschillend toepasbaar is naar gelang het systeem op of dicht bij het evenwicht is (toename van wanorde), of ver van het evenwicht (toename van orde).

Onvoorspelbaar is ook of en wanneer dissipatieve structuren ontstaan, en dat is het unieke van de aarde, aldus Bodifée. Op geen enkele manier was te voorspellen dat er leven op aarde zou ontstaan, of welke evolutie het zou kennen. Mocht er elders in het heelal ook leven ontstaan zijn, dan volgt hieruit dat die wezens allerwaarschijnlijkst een totaal verschillende evolutie ontwikkeld hebben, zodat elk antropomorf denken uit den boze is.

Het vreemde van *Het Vreemde van de Aarde* is dat men na het lezen van het boek enigszins met een onbestemd gevoel achterblijft. Indien leven beschouwd kan worden als hypercomplexe zelforganiserende dissipatieve structuren in systemen die zich ver uit evenwicht bevinden, waarom zou dit fenomeen dan enkel tot de aarde beperkt zijn geble-

ven? Zelfs al manifesteert buitenaards leven zich (voorlopig?) aan ons niet, blijft de vraag naar het bestaan ervan dan niet open? Wat is er uiteindelijk zo vreemd aan de aarde? Of anders gezegd, is het wel zo zeker dat er een paradox bestaat?

Bodifée gaat ook weinig in op andere zienswijzen, zoals die van Fred Hoyle of Francis Crick. Beide vooraanstaande geleerden stellen dat de oorsprong van het aardse leven buiten de aarde te situeren is en voeren hiervoor wetenschappelijke argumenten aan. Hun werkhypothesen, hoe bizar en fantasievol ze sommigen ook mogen voorkomen, verdienen mijns inziens meer aandacht in een dergelijk essay over het leven. Of Prigogine's theorie over dissipatieve structuren de verbazingwekkende complexiteit van de levende wezens inzichtelijk kan maken, is voor discussie vatbaar. Bodifée concentreert zich iets te veel op de vrijheid, het indeterminisme en de onvoorspelbaarheid van het leven en van dissipatieve structuren en heeft te weinig oog voor de grenzen aan de extrapolatie van deze fysisch-chemische theorie.

Deze kritiek neemt niet weg dat Gerard Bodifée met *Het Vreemde van de Aarde* een uitmuntende prestatie levert. Hij slaagt erin de moderne natuurwetenschappelijke inzichten van de niet-evenwichtsthermodynamica te verwerken tot een persoonlijke visie op het fenomeen leven, en dit bovendien op een verstaanbare wijze.

Er is echter nog meer. Hier is ook een wetenschapper aan het woord, die gevoelig is gebleven voor de schoonheid en het mysterie van het leven en duidelijk literair begaafd is. Zijn bij wijlen poëtische ode aan het leven, geboren uit verwondering, wordt zo nog meer aantrekkelijk. Een buitenbeentje in de Nederlandstalige wetenschappelijke literatuur.

**Peter Mombaerts**  
K.U. Leuven



## Stervende ster

Sterren leven wel lang maar hebben niet het eeuwige leven. Sterren ontstaan in grote stof- en gaswolken tussen de sterrenstelsels. Verdwijnen doen ze op verschillende manieren. Zware sterren eindigen hun leven in een enorme ontploffing van een supernova. Minder massieve exemplaren, als de ons nabijstaande zon, zingen hun zwanezang anders.

Wanneer onze zon door haar voorraad nucleaire brandstoffen heen is, zal ze ongeveer honderdmaal zo groot worden en valt dan in de categorie 'rode reuzen'. Dan, zo is de verwachting voor de gebeurtenissen over 5 miljard jaar, verliest onze voormalige energiebron haar buitenlagen tot dat alleen een gekrompen kern overblijft, een 'witte dwerg', die uiteindelijk voor dan levende waarnemers langzaam onzicht-

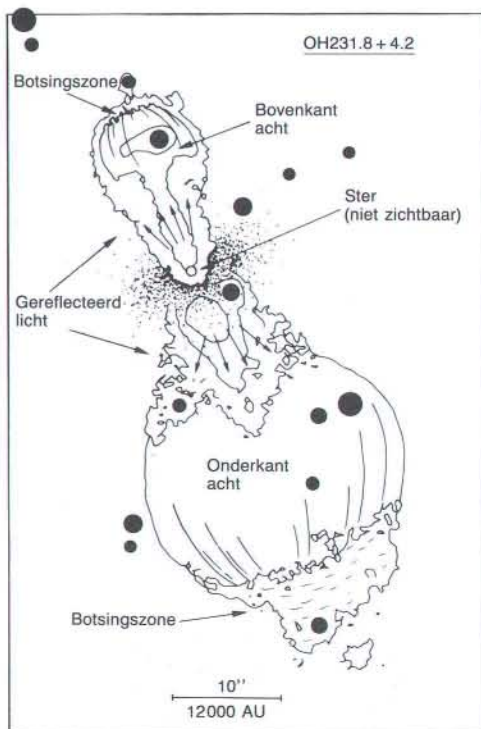
baar wordt en opgaat in het niets. Rode reuzen en witte dwergen zijn al bekend. Alleen de overgang van de ene naar de andere vorm nam men nog niet waar. De astronoom Bo Reipurth, verbonden aan het Europese Zuidelijke Observatorium (ESO) nam nu voor het eerst een ster waar in de overgang van rode reus naar witte dwerg. Met verschillende telescopen op de sterrenwacht La Silla in Chili bestudeerde hij de ster OH231.8+4.2 die in de Melkwegband ligt, op 4000 lichtjaren afstand in de buurt van het sterrenbeeld Puppis (Achtersterven). De tekening die de foto hieronder begeleidt is niet alleen uit die foto afgeleid. Er zijn gegevens gebruikt van radio-emissie, van IR-signalen en van opnamen met lichttelescopen.

De ster zelf is verborgen achter

een dikke stofmassa. De zichtbare achtvormige figuur bestaat uit stof dat door de ster is uitgestoten. Rond de eigenlijke ster ligt nog eens een zeer dichte stofschijf die wel de 'pols' wordt genoemd. Het stof in de 'acht' is uitgestoten in richtingen loodrecht op de schijf. De tekening binnen de achten komt van reflectie van licht dat nog van de ster komt. De buitenrand, vooral van de grootste cirkel van de acht wordt echter zichtbaar doordat hier het stof op andere interstellair stoffwolken botst.

Waarschijnlijk duurt deze overgangsfase naar astronomische begrippen gemeten erg kort, in de orde van duizenden jaren. De schatting is dat deze toestand nu ongeveer 1400 jaar bestaat.

(persbericht ESO)



"... Het viel me op dat de stenen die er lagen, plat waren en zonder speciale bedoeling tilde ik een grote steen op. Toen kreeg ik in de gaten dat ik een graf gevonden had dat nog niet eerder geopend was. Bovenop lag een kind, bij zijn moeder waarschijnlijk, en een pop, die ernaast gevallen was. Later bleek het een baby te zijn..."

Dit schreef de Groenlandse jager Hans Grønvold aan een vriend, over de spectaculaire vondst die hij enige jaren geleden aan de westkust deed, op weg naar de sneeuwhoenderjacht. Een onopvallende rotspleet bleek twee graven van ongeveer 500 jaar oud te herbergen.



Bovenjakke van zeehondehuid, met capuchon. De kleding was warm, maar belemmerde de beweging van de drager niet.



Bij het enorme onderzoek dat volgde op deze grafvondst werkten medici, cultuurhistorici en natuurwetenschappelijke onderzoekers nauw samen. Al hun verslagen zijn in dit boek tot één verhaal samengevoegd.

DE MUMMIES VAN QILAKITSOQ omvat 192 pagina's met ca. 250 illustraties: foto's, tekeningen, kaarten en schema's, voor een deel in vierkleurendruk. Het is gebonden in een linnen band met losse stofomslag.

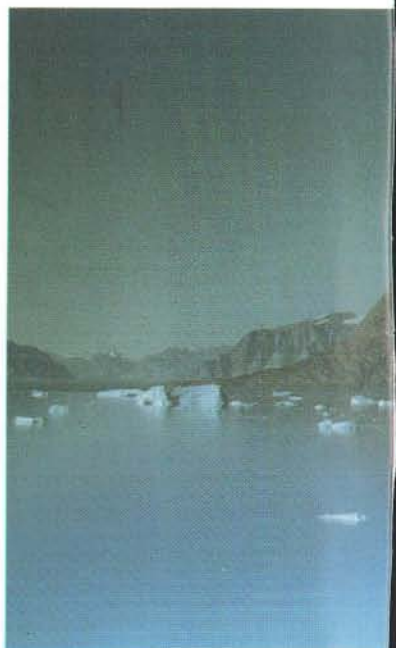


Deze mummie van een baby werd aanvankelijk voor een pop aangezien.

Aan de westkust van Groenland, ongeveer 450 km ten noorden van de poolcirkel, ligt de nu verlaten nederzetting Qilakitsoq.

**Voor  
abonnees van**

**NATUUR  
& TECHNIEK**





# De mummies van QILAKITSOQ

Een aantal jaren geleden werden op Noordwest-Groenland de graven gevonden van een aantal bewoners die daar ongeveer 500 jaar geleden hebben geleefd. De vondst was spectaculair: door de voortdurende vrieskou en uitdroging bleken de lichamen, alsmede de kleding volledig geconserveerd. De ontdekking van de graven, die zes vrouwen en twee kinderen bevatten, was voor de wetenschap een unieke kans om meer te weten te komen over de leefwijze van de Eskimo's in de 15e eeuw.

Op Groenland werd naar aanleiding van deze opzienbarende vondst een bijzondere serie postzegels uitgegeven. Het beroemde Amerikaanse tijdschrift *National Geographic*, alsmede *Natuur & Techniek* wijdden er enige tijd geleden een uitvoerig artikel aan.

Het boek *DE MUMMIES VAN QILAKITSOQ* werd een van de meest gelezen bestsellers in de Scandinavische landen. Behalve in andere landen is het ook in Nederland verschenen – bij *Natuur & Techniek*.

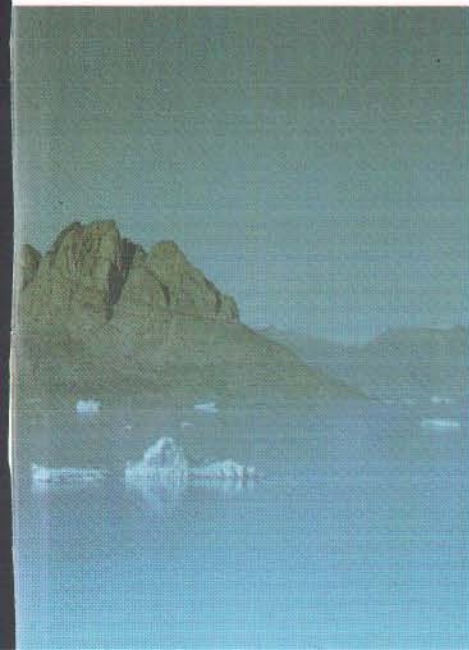
Dit boek hebben wij, zonder aarzeling, voor onze abonnees als premieboek '87 gekozen, tegen de prijs van f 42,50 of 850 F (incl. verzendkosten). In de boekhandel is het boek verkrijgbaar voor f 55,- of 1100 F.

Voor bestelling gelieve U gebruik te maken van het overschrijvingsformulier dat in dit nummer van *Natuur & Techniek* is bijgesloten. *DE MUMMIES VAN QILAKITSOQ* wordt u dan binnen 14 dagen toegezonden.

**Uw  
premieboek  
voor 1987**



▲ Een blik in een van de geopen-  
de graven, zoals de onderzoe-  
kers het voor het eerst zagen.



**Dr ir A. van Huis** ('Sprinkhanenplagen') is op 25 mei 1946 in Wormerveer geboren. Van 1967 tot 1974 studeerde hij plantenziektekunde aan de Landbouwuniversiteit in Wageningen. Daarna was hij onder andere FAO-deskundige Entomologie in Nicaragua en teamleider van een onderwijsproject gewasbescherming in Niger. Momenteel is hij universitair docent tropische entomologie in Wageningen. Hij promoveerde in 1981.

**Ir G.L.J.H. Samyn** ('Ultramarijn') is geboren in Gent op 19 november 1946. Hij studeerde landbouwwetenschappen aan de Rijksuniversiteit Gent en is sinds 1972 assistent aan het Nationaal Centrum voor Fytovirologie bij de laboratoria voor Fytopathologie en Fytovirologie van de R.U.G. Hij hoopt binnenkort te promoveren.

**Dr E. Fliers** ('Alzheimer') is op 3 oktober 1956 in Amsterdam geboren. Hij studeerde geneeskunde aan de Universiteit van Amsterdam en begon in 1981 met een promotieonderzoek op het Nederlands Instituut voor Hersenonderzoek naar veranderingen in de hypothalamus bij veroudering en de ziekte van Alzheimer. Hij promoveerde in 1985 en is momenteel coördinator van de hersenbank van het Herseninstituut.

**Drs D. Troost** ('Alzheimer') is geboren in Amsterdam op 25 mei 1951. Hij studeerde van 1971 tot 1978 geneeskunde aan de Rijksuniversiteit Utrecht. In 1979 werd hij assistent neurologie, respectievelijk neuropathologie. Momenteel is hij als neuropatholoog verbonden aan het Academisch Medisch Centrum in Amsterdam.

**Drs H.P.M. Hillegers** ('Houtskeletbouw') is op 24 maart 1940 in Meerssen geboren. Hij studeerde biologie aan de Rijksuniversiteit Groningen van 1964 tot 1969. Daarna was hij een tijdlang werkzaam als leraar. Momenteel werkt hij aan een vegetatiekundig proefschrift over typisch Limburgse terreinen.

**Prof dr L.H.Th. Rietjens** ('Magnetohydrodynamische generator') is in 1929 in Maastricht geboren. Hij studeerde van 1947 tot 1955 wis- en natuurkunde aan de Rijksuniversiteit Utrecht, waar hij in 1956 promoveerde op een kernfysisch onderwerp. Daarna was hij werkzaam aan het FOM-instituut voor plasmafysica in Nieuwegein. Sinds 1965 is hij hoogleraar aan de Technische Universiteit Eindhoven.

**Dr B.W.W. Grout** ('Vorstschade') studeerde biologie aan de Universiteit van Londen. Na zijn afstuderen in 1969 trad hij in dienst van de Universiteit van Nottingham, waar hij ook promoveerde. Sinds 1984 is hij verbonden aan de Plymouth Polytechnic waar hij plantenfysiologisch en biotechnologisch onderzoek doet.

# Cahiers Bio-wetenschappen en Maatschappij

## AIDS

De ziekte AIDS (Acquired Immune Deficiency Syndrome) neemt onderhand de vorm van een epidemie aan. Het aantal mensen dat drager van het virus is neemt gestaag toe; het aantal mensen dat daadwerkelijk ziek wordt eveneens. AIDS-patiënten vertonen een sterke vermindering van de weerstand tegen infecties. Ze sterven vaak aan aandoeningen die bij een gezond immuunsysteem geen kans zouden krijgen. Rond de medische en maatschappelijke aspecten van AIDS bestaat nog veel verwarring. Dit cahier biedt op een wetenschappelijk verantwoorde wijze inzicht in deze aspecten.

### Inhoud en auteurs

#### AIDS en syfilis

Drs F.A. Stemvers

#### De AIDS epidemie

Dr A.A. van Es

#### Het ziektebeeld

Dr S.A. Danner

#### De speurtocht naar de verwekker van AIDS

Dr P. Bentvelzen

#### Nederlands onderzoek op grote schaal

R.A. Coutinho

#### Bloedtransfusie en AIDS

Prof dr V.P. Eijssvoogel

#### Gevolgen voor de homo-cultuur

Drs J.W. van der Linden

#### Voorlichting en preventie

Drs H. Moerkerk



Het cahier AIDS, compleet met een bijlage met de nieuwste ontwikkelingen, kan besteld worden bij Natuur en Techniek - Informatiecentrum - Postbus 415, 6200 AK Maastricht, tel. 043-254044, vanuit België: 00-3143254044. Het kost f 7,50 (145 F).



# Ouwe dag

---

Enkele tientallen jaren geleden stakte de toename van de levensverwachting van de mensen in de industrielanden. In een ongelooflijk tempo was de levensverwachting - de gemiddelde leeftijd die voor een pasgeborene kon worden verwacht - vooral in de afgelopen eeuw toegenomen. In de middeleeuwen lag die verwachting rond de 35 jaar. Er waren wel oudere mensen, maar de zuigelingensterfte was zeer hoog, kinderziekten eisten een hoge tol. De levensverwachting voor een twintigjarige lag dan ook aanzienlijk hoger dan voor een baby. Zo ongeveer halverwege de vorige eeuw was er, door verbetering van voeding, een toch wel merkbare welvaartstoename en misschien vooral door verbetering van de publieke hygiëne (riolering, vuilophaal, waterleiding) was de levensverwachting bij geboorte omstreeks 45 jaar geworden.

Een spectaculaire verbetering trad op met de ontdekking van sulfa als middel tegen ontstekingsziekten, en de immunisering tegen een aantal gevaarlijke bacteriële infecties. Met de daarmee gepaard gaande verbetering van operatietechnieken - nog in het begin van deze eeuw was een blindedarmonsteking zo goed als zeker dodelijk; tegenwoordig vergeten we die te noemen als men ons vraagt of we wel eens zijn geopereerd - bracht de levensverwachting op 65 jaar.

De komst van de antibiotica, de sterk verbeterde persoonlijke hygiëne na de Tweede Wereldoorlog, en de algemene welvaartstoename die, samen met een intensieve voorlichting, tot een veel gezonder voedingspatroon leidde, bracht in de meeste westerse landen de levensverwachting bij de geboorte boven de zeventig jaar. En daar bleef het bij. Voor sommige categorieën industrie-arbeiders is er de afgelopen twintig jaar zelfs weer een zekere daling in levensverwachting. Kanker en hart- en vaatziekten geven thans een grens aan. En beide, maar misschien vooral de hart- en vaatziekten, komen op steeds jongere leeftijd voor. De moderne wetenschap zal zich bij zo'n barrière in de vooruitgang niet gemakkelijk neerleggen en er zijn dan ook omvangrijke preventieve en curatieve programma's in allerlei stadia van ontwikkeling. Bepaald niet zonder succes voor wat betreft de bestrijding van specifieke ziektes - voor vele types kanker bestaan zeer adequate genezingsmethoden, er is veel bekend over de preventie van hart- en vaatziekten en curatief is er ook veel mogelijk - maar het effect van dit alles is nog niet, dat de levensverwachting bij geboorte ook stijgt.

Enkele tientallen jaren geleden waren er nogal wat vooraanstaande medici die, geconfronteerd met de stokkende groei van de levensverwachting, zich afvroegen of het wel zo zinrijk was steeds maar door te gaan met het verlengen van het leven. Ze kwamen tot de slotsom dat de eerste taak van de geneeskunde misschien niet is 'to add years to life', maar veeleer 'to add life to years' - het ongemak en erger te bestrijden in de toch al vele jaren die een mens te leven heeft. Zonder hiermee uitspraken te willen doen over de zin van pogingen het leven te verlengen, met alle implicaties daarvan voor individuele personen, kan het verheugend worden genoemd dat dit laatste adagium kennelijk niet geheel is vergeten. Het artikel van Fliers en Troost op pag. 206 getuigt van het moeizame, maar ook boeiende werk dat in dit kader wordt gedaan.









## Vraatzuchtige zwermen

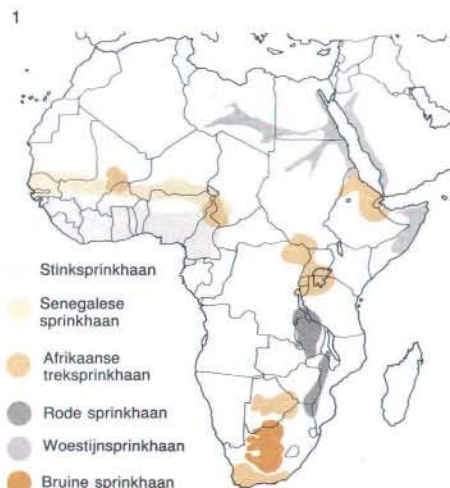
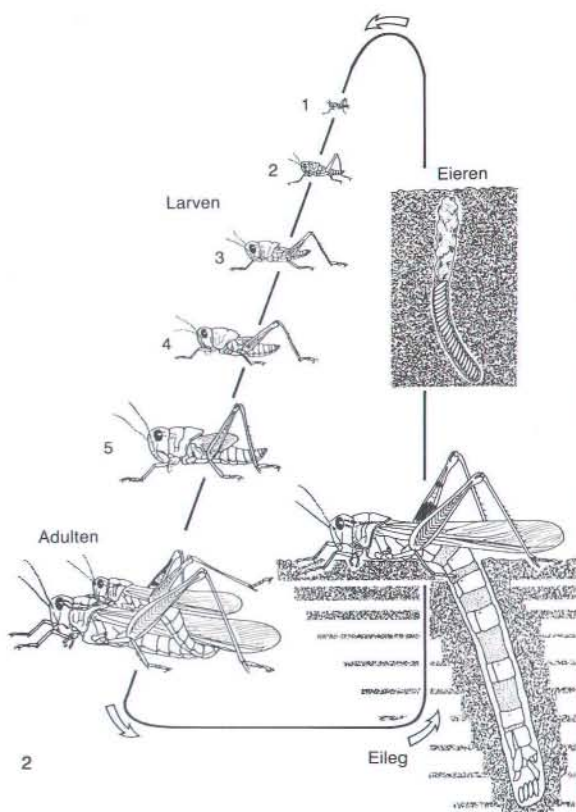
# SPRINK HANEN PLAGEN

Na jaren van hongersnoden als gevolg van droogte, vormden vorig jaar sprinkhanen een ernstige bedreiging voor de voedselproductie in Afrika. Welke factoren maken dat sprinkhanen ineens een plaag kunnen worden en dat gedurende vele jaren kunnen blijven? Zijn er mogelijkheden om tijdig het ontstaan van een plaag te voorspellen en wat zijn de mogelijkheden de sprinkhanen te bestrijden?

Een samenscholing van *Locusta*-larven. De Afrikaanse treksprinkhaan *Locusta migratoria* is een van de zes soorten die momenteel als een plaag door Afrika trekken. Imposant om te zien is om welke enorme hoeveelheden dieren het gaat. Ze zijn vooral schadelijk, omdat ze dagelijks het equivalent van hun eigen lichaamsgewicht aan plantaardig voedsel opeten.



In de loop van 1986 werd de wereld opgeschrikt door berichten over belangrijke sprinkhanenplagen in Afrika. De situatie was zo ernstig dat de FAO een speciaal Emergence Centre for Locust Operations (ECLO) oprichtte, dat de behoefte aan hulpmiddelen van de getroffen landen inventariseert en de hulp coördineert. In het gebied rond de Rode Zee werden in het begin van 1986 vele groepen larven van de woestijnsprinkhaan (*Schistocerca gregaria*) waargenomen. Deze hebben kunnen ontsnappen naar het centrale westen van Saoedi-Arabië. Vandaar hebben ze zich verder verspreid naar het zuiden en oosten. Eind 1986 werd gevreesd dat in het noorden en westen van Saoedi-Arabië zwermen kunnen ontstaan, die een bedreiging vormen voor vele landen in het Midden-Oosten. Ook in West-Afrika zijn belangrijke concentraties waargenomen. Zwermen van de Afrikaanse treksprinkhaan (*Locusta migratoria*) die al in 1985 in Soedan belangrijke verliezen van sorghum (een graan-gewas) veroorzaakten, verplaatsten zich naar het zuiden en oosten. Andere zwermen zijn gesignaleerd in Nigeria, Mali, bij het Tsjaadmeer, in Zuid-Afrika en in Botswana. Zwermen van de rode sprinkhaan (*Nomadacris sep-*



1. Op deze kaart is te zien over welke gebieden de belangrijkste plagen in augustus 1986 waren verspreid.

2. De levenscyclus van de treksprinkhaan. Uit de eieren komen larven die na verloop van tijd vijf vervellingen ondergaan. Na het vijfde larvestadium komt de adult tevoorschijn. Na de paring leggen de adulte vrouwtjes hun eipakketten in de bodem.

*temfasciata*) trokken na het einde van de droogte in 1985 uit broedgebieden in Tanzania, onder andere naar Burundi en Zaïre. De plaag van de bruine sprinkhaan (*Locustana pardalina*) begon al drie jaar geleden na twee jaar van minder dan gemiddelde regenval. In 1985/1986 traden bij voldoende regenval drie sneloopenvolgende generaties op. De eerste zwerm bereikte Botswana in 1986 en bedreigt een kwart miljoen hectare als verdere uitzwerming plaats heeft. In de Sahel is de Senegalese sprinkhaan (*Oedaleus senegalensis*) de belangrijkste plaag. Aan het einde van de regentijd van 1985, vond men grote hoeveelheden eieren in de grond. Deze kwamen bij het begin van de regentijd in 1986 massaal uit. Ondanks groot-schalige bespuitingen zijn kort geleden dicht-heden van eieren gevonden die nog groter zijn dan in 1986. In het zuiden van de Sahel neemt de stinksprinkhaan (*Zonocerus variegatus*) sterk in belang toe, met name daar waar het natuurlijke plantendek plaats moet maken voor landbouwgewassen.





3

3. Larven van de Senegalese sprinkhaan *Oedaleus senegalensis* voeden zich met een blad.

4. De stinksprinkhaan *Zonocerus variegatus* heeft een opvallend gezichtsmasker. De tekening verschilt per individu, zodat een geoefende waarnemer in een kleine groep elk exemplaar kan herkennen. De soort heet stinksprinkhaan vanwege de stank die wordt afgegeven door een klier.



4

Van oudsher veroorzaken sprinkhanen hongersnoden in Afrika, soms wel gedurende 25 jaar achtereenvolgend. Ongeveer 20% van de 10 000 beschreven sprinkhanensoorten is schadelijk. De zes belangrijkste zijn hierboven al genoemd. Deze, en vrijwel alle andere schadelijke soorten, behoren tot de superfamilie *Acridoidea*. Sprinkhanen behoren tot de orde van de rechtvleugeligen (*Orthoptera*) en hebben korte antennes. Tot dezelfde orde behoren de krekels (*Gryllodea*) en de sabelsprinkhanen (*Tettigoniodea*), beide met lange antennes.

De levenscyclus van deze sprinkhanen is eenvoudig. Om eieren te leggen steken de vrouwtjes hun achterlijf in de grond. Een schuimachtige substantie, die met de eieren uitgescheiden wordt, kit deze eieren aan elkaar tot een eipakket en vult de holte verder op. Het larvale stadium omvat vijf vervellingen. Tijdens deze onvolkomen gedaanteverwisselingen, de larven lijken op het volwassen dier, komen de vleugels steeds verder tot ontwikke-

ling; ze zijn pas volgroeid in het *adulte* of imaginale stadium. De drie stadia: ei, larve en imago vormen samen één generatie.

Bij veel sprinkhaansoorten kan de ontwikkeling onderbroken worden door ongunstige omgevingsfactoren, zoals de droogte in de droge tijd. Deze rustperiode kan als ei (embryonale diapauze) of als adult vrouwtje (reproductieve diapauze) doorgemaakt worden. Bij verschillende soorten is aangetoond dat de verandering van daglengte de diapauze induceert, ondanks de relatief geringe seizoensvariatie van de daglengte in de tropen (11-13 uur). Meestal echter komt er een eind aan de rustperiode door toename van de vochtigheid in het begin van het regenseizoen. Hierdoor wordt de ontwikkeling van de sprinkhaan gelijkgeschakeld met die van de plantengroei. Over het algemeen bedraagt het aantal generaties per jaar in de droge tropen één tot drie. Bij sommige soorten ligt dit aantal vast en bij andere verschilt het van jaar tot jaar of van streek tot streek.





5

### Migratie

In de tropen wisselen jaarlijks een natte tijd en een droge tijd elkaar af. Dit hangt samen met de windrichting. Zowel noordelijke als zuidelijke luchtstromingen bewegen zich over het aardoppervlak naar een permanente lage-drukconvergentiezone, het *intertropisch front*. Het front verschuift met jaarlijkse regelmaat van noord naar zuid en weer terug. In de Sahel bijvoorbeeld waait in de droge tijd (oktober-mei) hete en droge woestijnwind, de harmattan, uit het noorden. Na de passage van het front naar het noorden gaat de wind uit het zuiden waaien. Deze moesson brengt warme, vochtige lucht: het begin van de regentijd. Allerlei insecten, waaronder sprinkhanen, laten zich met de luchtstromingen met het front meevoeren en komen zo vanzelf op plaatsen met regenval en dus met plantengroei. De grote migraties vinden voornamelijk plaats aan het begin en het einde van de regentijd en de migratie vormt zo een aanpassing aan de ver-



6

anderlijkheid van het klimaat. Men kan de bewegingen van deze trekkende insectenplagen dus voorspellen door de bewegingen van het front nauwkeurig te volgen.

De afstanden, die trekkende insecten afleggen kan men meten door insecten te vangen, te merken, los te laten en ze op andere plaatsen weer terug te vangen. Zo heeft men vastgesteld, dat individuen van de Afrikaanse trek-sprinkhaan in Mali 300-400 km kunnen afleggen met een gemiddelde snelheid van 35 km per uur. De meeste soorten verplaatsen zich op 400-500 m hoogte, sommige, zoals de woestijnsprinkhaan, zelfs op 3000 m.

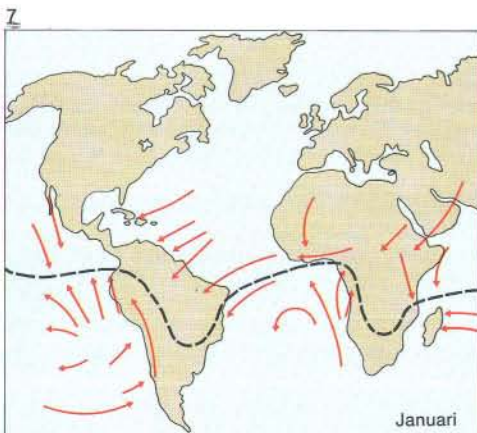
### Twée vormen

Vóór 1921 dacht men dat de sprinkhanen *Locusta migratoria* en *Locusta danica* verschillende soorten waren. Het bleek echter om één enkele soort te gaan, waarvan de ene in de *solitaire fase* (alleen-levend) en de andere in de *gregaire fase* (in zwermen levend) verkeert.



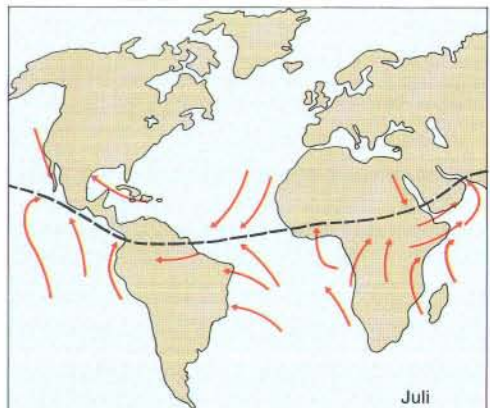


5. De imaginale vervelling van een treksprinkhaan. De jonge adult kruipt uit de huid van het laatste larvestadium.
6. Deze boom in Niger is door treksprinkhanen van al zijn bladeren beroofd.
7. In dit kaartje is het intertropisch front in de maanden januari en juli ingetekend. Met pijlen zijn de daarmee samenhangende overheersende winden aan het grondoppervlak aangegeven.

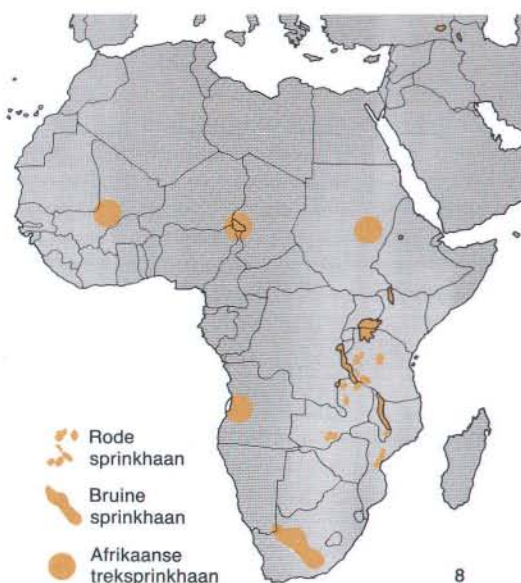


Het verschil tussen beide fasen is zeer groot. Afhankelijk van de dichtheid van de populatie kunnen individuen van de ene naar de andere fase overgaan. Bij de woestijnsprinkhaan bijvoorbeeld worden de eerste gregaire kenmerken waargenomen bij dichtheden boven de 500 gevleugelden per hectare, voor de treksprinkhaan pas boven de 2000. De overgang naar een volledig gregaire fase duurt twee generaties. Gedurende deze tijd moeten allerlei omgevingsfactoren gunstig blijven. De solitaire fase is nauwelijks schadelijk. De gregaire fase daarentegen is buitengewoon schadelijk door het massale optreden in zwermen en de grote verspreiding. Ze stellen minder eisen aan hun omgeving en hebben een grotere weerstand tegen ongunstige milieufactoren. Onder de vele duizenden soorten sprinkhanen in de tropen zijn er slechts een klein aantal, die deze faseverandering vertonen. Onder hen bevinden zich vier grote plaagsprinkhanen: de woestijn-, de trek-, de rode en de bruine sprinkhaan.

Hoe ontstaat in de natuur de concentratie van solitaire larven en/of adulten? Solitaire individuen hebben niet de neiging om het gezelschap van soortgenoten op te zoeken, behalve in de paartijd. Het zijn dan ook bepaalde milieufactoren, die de solitaire sprinkhanen 'op een hoop gooien'. Convergerende winden zijn in staat om grote aantallen sprinkhanen bijeen te brengen. Tijdens de droge tijd zoeken sprinkhanen gebieden met een hoge grondwaterstand en een groene vegetatie op. Bij overstromingen van de binnenlandse delta van de rivier de Niger in Mali verplaatsen de sprinkhanen zich naar de hoger gelegen gebieden. Sa-







8. Op deze kaart zijn de gebieden aangegeven waar gregaire vormen van de trek-, de rode en de bruine sprinkhaan kunnen ontstaan. Het zijn de haarden van zwermvorming.

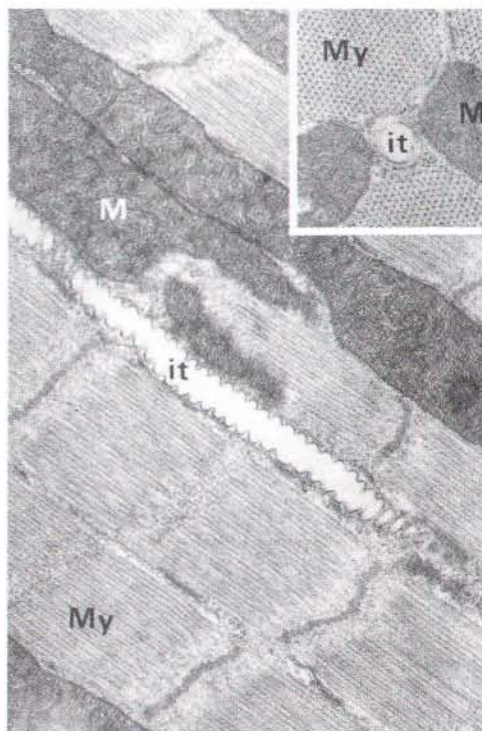
vannebranden en vee kunnen sprinkhanen bij elkaar drijven. Larven hebben de neiging langs hellingen naar beneden te trekken; de groepen komen dan bij elkaar in de dalen. Ook bij natuurlijke obstakels zoals bergen en bosranden hopen sprinkhanen zich op. Als de dichtheid hoog genoeg geworden is, is voor ontwikkeling tot de gregaire fase verder noodzakelijk: concentratie van eieren, het gelijktijdig uitkomen van de eieren en een gelijktijdige ontwikkeling van de larven. Blijft deze situatie twee generaties ongewijzigd, dan treden de karakteristieke sprinkhaanzwermen op.

### Zwermen

Een zwerm woestijnsprinkhanen kan één tot enkele honderden km<sup>2</sup> groot zijn. Gemiddeld is de dichtheid 50 miljoen gevleugelden per km<sup>2</sup>. Een zwerm kan dus bestaan uit miljarden individuen. Elke sprinkhaan eet per dag ongeveer het equivalent van zijn eigen lichaamsgewicht, twee gram vers plantaardig materiaal. Een zwerm van één km<sup>2</sup> consumeert dus per dag 100 ton. De verplaatsing van de zwerm wordt bepaald door de overheersende wind-

richting, tenminste als de windsnelheid groter is dan die, waarmee de sprinkhanen zich op eigen kracht verplaatsen. De snelheid waarmee de zwerm zich verplaatst is ongeveer de helft van die van de windsnelheid en in de orde van grootte van 6 km per uur. De vertraging treedt op, omdat de sprinkhanen vooraan in de zwerm landen om na het passeren van de zwerm weer op te stijgen en zich achteraan aan te sluiten. Doorgaans zal de zwerm alleen overdag, wanneer het voldoende warm is, vliegen. Adulten blijven in de voortplantingsperiode langer op de grond zitten, waarbij belangrijke eiafzettingen kunnen plaatsvinden. Deze kunnen weer aanleiding geven tot zweremde nakomelingen. Gregaire larven kunnen niet vliegen, ze verplaatsen zich over de grond, allemaal in dezelfde richting. Maximaal leggen ze twee kilometer per dag af.

Voor het voorspellen en bestrijden van de plagen moet men nauwkeurig de broedgebieden kennen, waar kans is op het ontstaan van de gregaire fase. Voor de belangrijkste soorten zijn deze aangegeven in afbeelding 8 en 11.





Bij de woestijnsprinkhaan bestaat het probleem dat er vele broedgebieden zijn, die over een groot aantal landen verspreid liggen. De woestijnsprinkhaan wordt al lang als één van de belangrijkste sprinkhanenplagen voor de mensheid beschouwd. In het bijbelverhaal over de uittocht van het volk Israël uit Egypte was de achtste plaag een sprinkhanenplaag van *Schistocerca*. Haarden van zwermvorming zijn afwateringsgebieden, zoals rivierbeddingen in de Sahara en het kustgebied rondom de Rode Zee. De gregaire vrouwtjes planten zich voort in het regenseizoen (juli-oktober) ten zuiden van de Sahara. In West-Afrika verplaatsen de nakomelingen zich in zwermen naar het noorden van de Sahara, waar ze zich in februari-april voortplanten. Deze generatie keert met de harmattan weer terug naar het zuiden van de Sahara. In Oost-Afrika trekken ze naar het oosten, komen bijeen aan de oevers van de Rode Zee, waar de ecologische omstandigheden vanaf november geschikt zijn voor de voortplanting. De nakomelingen verspreiden zich vandaar naar het noorden en oosten.

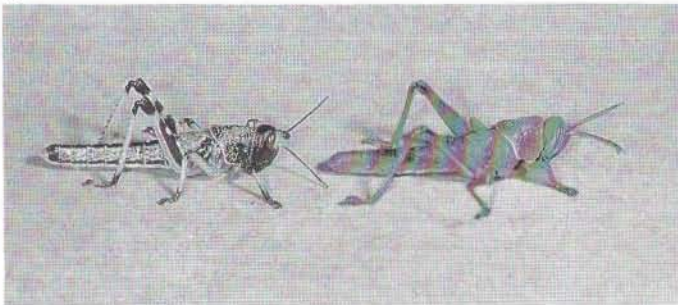
## Bestrijding

De bestrijding van sprinkhanenplagen moet gericht zijn op het voorkomen van zwermvorming en op het treffen van de meest gevoelige stadia. Daarbij dienen natuurlijke vijanden zoveel mogelijk gespaard blijven en waar mogelijk hun optreden worden bevorderd. Deze aspecten worden hieronder behandeld.

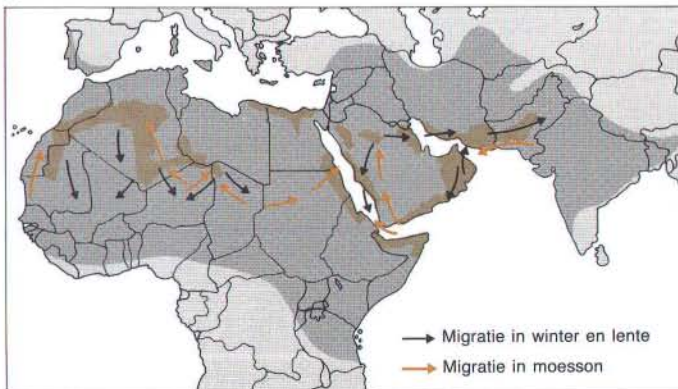
### Natuurlijke bestrijding

In elk ontwikkelingsstadium van de sprinkhaan kunnen parasieten, predatoren en ziekteverwekkers toeslaan. Parasieten voeden zich aan de gastheer zonder deze direct te doden. Predatoren daarentegen doden hun prooi onmiddellijk. Onder de ziekteverwekkers kennen we protozoën, schimmels en bacteriën. Het effect van natuurlijke vijanden op sprinkhanenpopulaties is over het algemeen zeer wisselend, erg lokaal, weinig specifiek en weliswaar niet voldoende om grote zwermende plagen te voorkomen, maar wel om deze sneller te beïnvloeden.

10



11



9. *Locusta migratoria* is fysiologisch goed aangepast aan het maken van zeer lange vluchten met een vrij hoge vleugelslagfrequentie. De stofwisseling is, in tegenstelling tot de meeste spieren, obligaat aerob, wat wil zeggen dat zonder zuurstof geen energieproductie plaatsvindt. Voordeel is wel dat de energie uit voedingsstoffen optimaal benut wordt. De aanvoer van zuurstof gebeurt via luchtbuizen (tracheën), die in de vliegspier tot aan de mitochondriën (M) komen. De grote foto is van een overlangse doorsnede, de inzet van een dwarse.

10. Twee larven van *Locusta*, links een in de gregaire fase, rechts een solitaire vorm. De solitaire vorm neemt in het algemeen de kleur van de omgeving aan. Opvallend is het verschil in oogkleur, waardoor ook het gezichtsvermogen van beide vormen verschilt.

11. Voortplanting en migratie van de woestijnsprinkhaan. De grijze gebieden binnen het verspreidingsgebied geven de voortplantingszones in de diverse jaargetijden aan, de pijlen de migratierichting.

Een groot aantal predatoren zoals mijten, kevers, roofvliegen, mieren en vogels voedt zich met sprinkhaaneieren. Van de Senegalese sprinkhaan verdwijnt zo in de droge tijd de helft van de eieren. De *Mylabris*-kever bijvoorbeeld legt eieren in de buurt van een eipakket. De keverlarve zoekt het pakket op en doet er zich te goed aan. De adulte kever echter is schadelijk voor het gewas en dus minder geschikt als bestrijdingsmiddel.

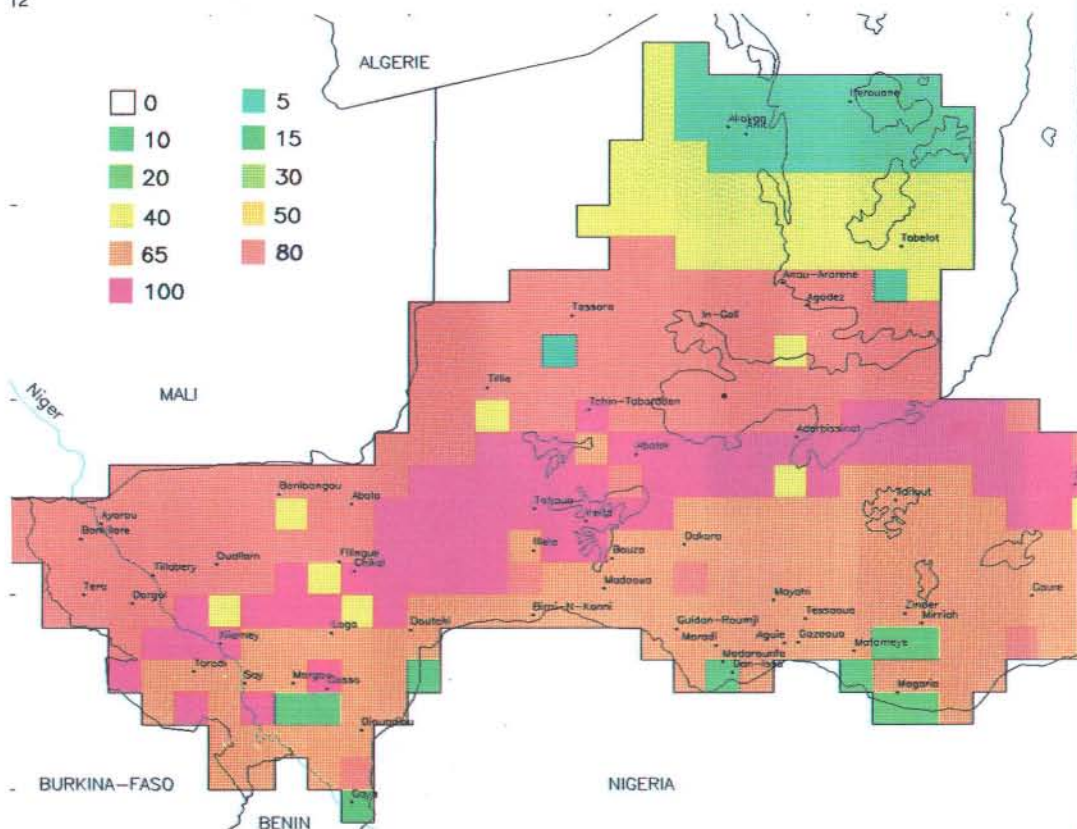
Larvale en volwassen sprinkhanen vallen in de natuur ten prooi aan roofwespen, roofvliegen, bid- en sabelsprinkhanen, spinnen, hagedissen, knaagdieren en vogels. Sommige predatorvogels trekken met hun prooi mee, zoals de valk *Falco concolor*, met de rode sprinkhaan. De Chinezen gebruiken al sinds duizenden jaren eenden om sprinkhanen te bestrijden. Een eend kan dagelijks één kilo sprinkhanen consumeren, net als sprinkhanen eet hij zijn eigen gewicht per dag.

Schimmels zijn slechts effectief onder vochtige, warme omstandigheden zoals in het verspreidingsgebied van de stinksprinkhaan. Ziekteverwekkende bacteriën kunnen een belangrijke rol spelen bij het terugdringen van een gevestigde plaag, wanneer deze zich op het grensgebied van zijn verspreiding (bijvoorbeeld de natte, vochtige tropen) bevindt.

#### Mechanische bestrijding

Deze methode bestaat uit het fysiek vernietigen van eieren, larven of adulten. Voor de bestrijding van de eieren moeten deze eerst opgespoord worden. Is in een gebied een concentratie van eileg aangetroffen, dan is het bewerken van de toplaag van de grond met ploeg, eg of hak een goede bestrijdingsmethode, vooral wanneer het kort na de eileg gebeurt. De eieren zijn dan nog erg gevoelig voor beschadiging en uitdroging. Tevens kan de ligging van het eipakket in de grond zo veranderen, dat de lar-

12







13



12. Voor het voorspellen van sprinkhanenplagen wordt meer en meer gebruik gemaakt van computermodellen. Hier een voorbeeld van zo'n simulatie, die voor de eerste tien dagen van juli 1985 een voorspelling deed van de mate waarin gebieden in Niger geschikt waren voor de vermenigvuldiging van de Senegalese sprinkhaan *Oedalus senegalensis*.

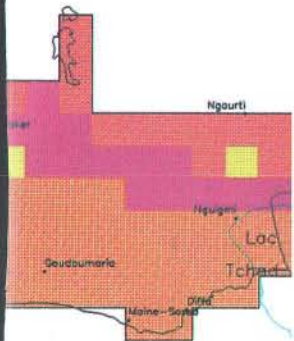
13. Een klein vliegtuig wordt in gereedheid gebracht om een bespuiting uit te voeren. Meestal worden door grondteams gebieden waarin sprinkhaanconcentraties zijn waargenomen afgebakend, waarna een spuitvliegtuig wordt opgeroepen. In noodgevallen worden grotere vliegtuigen ingezet om honderduizenden hectares tegelijk te bespuiten. Dit heeft echter grote nadelen voor het milieu.

ven niet meer in staat zijn naar het grondoppervlak te kruipen. Blootgelegde eipakketten worden verorberd door mieren, hagedissen en vogels. Het bewerken van de grond is echter niet altijd mogelijk door gebrek aan werktuigen of door de uitgestrektheid of de aard van de grond (bijvoorbeeld veel stenen). De uitgekomen larven kunnen door de plaatselijke bevolking naar greppels toegedreven en aldaar vernietigd worden. Dit kan alleen maar bij larven, omdat ze niet vliegen. Wanneer de adulten verstoord worden verplaatsen ze zich snel en over grote afstand.

#### Chemische bestrijding

Selectieve chemische bestrijdingsmiddelen tegen sprinkhanen zijn er niet. Men is aangewezen op de gangbare insecticiden. De meest gebruikte zijn fenitrothion, malathion en propoxur. Deze insecticiden hebben een korte residuwerking en zijn relatief weinig giftig voor zoogdieren. Het zeer persistente dieldrin, dat in Nederland verboden is, wordt nog gebruikt tegen de woestijnsprinkhaan. Het is goedkoop, blijft lang aanwezig op bespoten planten en wordt in de sprinkhaan langzaam afgebroken, waardoor kleine doses zich ophopen. Het gebruik wordt toegelaten in de vrijwel onbewoonde woestijngebieden.

NIGER



14. Een van de meest indrukwekkende kenmerken van een sprinkhanenplaag is de ongehoorde massaliteit. Gemiddeld is de dichtheid van een zwerm zo'n 50 miljoen exemplaren per vierkante kilometer.

15. Het vrouwtje van de vlieg *Stomoxys lunata* legt eieren in het eipakket van de woestijnsprinkhaan. Na het uitkomen kruipen de jonge vliegelaarven naar de sprinkhaaneieren, breken de schaal open en voeden zich met de inhoud. Het merendeel van de eieren in het eipakket gaat hierdoor verloren, de rest wordt daarna dikwijls nog aangetast door bacteriën en schimmels.



14

De insecticiden worden op verschillende manieren toegediend. Het gebruik van vergiftigd aas is een oude methode. Zemelen van gierst en sorghum of aardnootpulp worden gemengd met insecticiden. In droge gebieden wordt water toegevoegd om het aas nog aantrekkelijker te maken. Toediening in poedervorm is in de eerste maand van de regentijd effectief tegen de larven, omdat ze zich weinig verplaatsen en het gewas nog laag is. Een nadeel is echter, dat verstuiwing van het poeder ook de boer eraan blootstelt. Een ander nadeel is, dat het produkt zeer volumineus is, wat grote vervoersproblemen schept.

Het vernevelen van insecticiden wordt eveneens toegepast. Behalve op de grond gebeurt dit ook vanuit de lucht. Bespuiting per vliegtuig is eigenlijk de enig bruikbare methode bij het bestrijden van grote concentraties adulten.

Met kleine vliegtuigen of helikopters kan men zeer lokaal spuiten. Dit gebeurt in door grondteams afgebakende gebieden, waar hoge dichtheden sprinkhanen zijn waargenomen. Met grotere vliegtuigen (DC 6 of 7) worden snel en efficiënt honderdduizenden hectaren behandeld. Deze methode brengt het gevaar met zich mee, dat grote gebieden worden behandeld waar sprinkhanen nauwelijks een probleem zijn. Dit nodeloze spuiten kan ook de natuurlijke vijanden van sprinkhanen doden. Aan het veilig en efficiënt gebruik van insecticiden tegen sprinkhanen kan door onderzoek en voorlichting nog veel verbeterd worden.

#### Waarschuwingssystemen

De regenval was in 1985 in het grootste deel van Afrika na vele jaren van droogte weer nor-



maal. Daardoor konden de populaties sprinkhanen zich goed ontwikkelen. Eind 1985 was in de Sahel reeds bekend, dat de dichtheid van eipakketten van de Senegalese sprinkhaan abnormaal hoog was en dat de eieren bij de eerste regens in 1986 massaal uit zouden komen. Op deze waarschuwingen werd te laat gereageerd. Hierdoor was het niet mogelijk met een relatief beperkte bestrijdingscampagne de eipakketten of eerste generatie larven te vernietigen. Nu moest men later in het seizoen drastischer methoden toepassen zoals de grootschalige bespuitingen vanuit vliegtuigen.

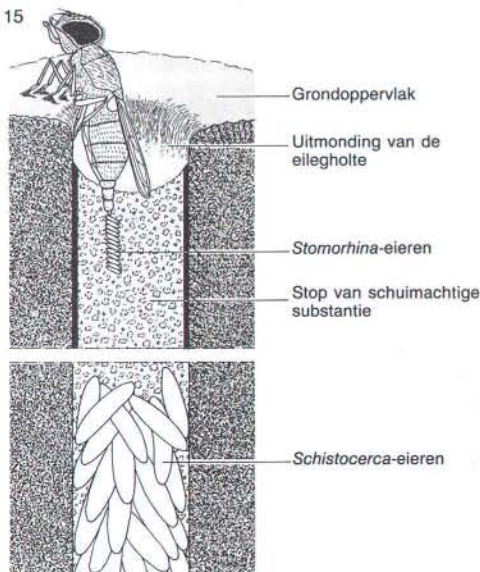
Omdat sprinkhanen geen politieke grenzen respecteren zijn er internationale instellingen in het leven geroepen die bepaalde sprinkhaansoorten in hun verspreidingsgebied volgen. Voor de woestijnsprinkhaan, met zijn enorme verspreiding en moeilijk te lokaliseren broedgebieden, zijn er wel vijf organisaties werkzaam in West-, Oost- en Noord-Afrika, het Nabije en het Midden-Oosten.

De FAO verzamelt gegevens over het voorkomen van de woestijnsprinkhaan en over regenval en plantengroei met behulp van satellieten, teneinde gebieden te identificeren met een verhoogd risico van zwermvorming. De FAO publiceert de resultaten in een bulletin. Voor andere soorten bestaan er vergelijkbare internationale organisaties. Deze moeten ook in jaren, dat er geen plagen zijn, paraat blijven.

Het zou daarom beter zijn kleine regionale waarschuwingsstructuren te creëren, die ook letten op andere grensoverschrijdende plagen, zoals graanetende vogels en katoenwantsen en andere.

Het PRIFAS te Montpellier, Frankrijk, is nu nog het enige instituut, dat ontwikkelingslanden wetenschappelijk assisteert bij de bestrijding van sprinkhanen. Het ontwikkelt computermodellen waarmee het optreden van belangrijke sprinkhaansoorten voorspeld kan worden. Het computermodel voor de Senegalese sprinkhaan is klaar en kan elke tien dagen kaarten produceren, waarop de ontwikkelingskansen van de soort per gebied staat aangegeven (zie afb. 12). Modellen voor de Afrikaanse treksprinkhaan en de woestijnsprinkhaan zijn in voorbereiding.

Een goed en efficiënt waarschuwingssysteem kan echter alleen schade voorkomen als de gewasbeschermingsdiensten voldoende toegerust zijn en het personeel opgeleid is in de herkenning, bemonstering en bestrijding van sprinkhanenplagen. Een goede voorlichting aan de boeren is noodzakelijk, zodat men snel sprinkhanenplagen onderkent en effectief en op eenvoudige wijze kan bestrijden. Op deze manier kunnen grootschalige en kostbare bespuitingen per vliegtuig met alle schadelijke neveneffecten van dien grotendeels vermeden worden.



*De auteur is veel dank verschuldigd aan Dr P.A. Oomen, medewerker van de Plantenziektenkundige Dienst te Wageningen, voor het kritisch doorlezen van het manuscript.*

#### Literatuur

Durant JF *et al.* Manuel de Prospection Acridienne en Zone Tropicale Sèche, 1982. Parijs: Ministère des Relations Extérieures et GERDAT. 1496 pp.

#### Bronvermelding illustraties

Günther Ziegler/Bruce Coleman, Uxbridge: opening.  
Mike Goldwater/Transworld Features Holland, Haarlem: 3.  
Jacques Robert/Jacana, Parijs: 6.  
M. van den Hondel, W. Flight, Vakgroep experimentele dierkunde, R.U. Utrecht: 9.  
Stephen Dalton/NHPA London: 40.  
Anthony Bannister/NHPA, London: 13.  
Hoa Qui, Parijs: 14.  
Alle overige illustraties zijn afkomstig van het PRIFAS, Montpellier.

The image shows a dark, almost black, textured surface that appears to be a piece of lapis lazuli. On the right side, there is a cylindrical object, possibly a container or a part of a machine, with a metallic or reflective surface. The overall lighting is very low, creating a mysterious and ancient atmosphere.

Lapis lazuli, dat voor velen nog slechts vaag het verband oproept met een mineraal of halfedelgesteente, was lange tijd evenzeer gezocht als goud. Lapis lazuli is sinds 5000 jaar als siersteen bekend in Mesopotamië, China en Egypte. In de Middeleeuwen werd het vanuit het Oosten via Venetië naar Europa gebracht, waar het in Italië als 'Azurium Ultramarinum' werd aangeduid. Naast zijn functie





G.L.J.H. Samyn  
*Faculteit van de  
Landbouwwetenschappen  
Rijksuniversiteit Gent*

De ultramarijntinten zijn bij kunst- en hobbyschilders al eeuwenlang zeer geliefd. Hier de aanmaak van een partij plakkaatverf in de Talens verffabriek in Apeldoorn.

als edelgesteente gebruikten schilders, vanaf de miniatuurschilders tot modernen als Yves Klein en Octave Landuyt, het als blauw pigment in verven. Vanaf de negentiende eeuw kwam de produktie van synthetisch ultramarijn op gang. De chemische industrie produceerde het tot voor kort volgens een bijna archeologische technologie, niettegenstaande het voor de meest verifiende toepassingen in

komt. Ultramarijnblauw is een produkt dat door de steeds strenger wordende eisen inzake volksgezondheid, wegens zijn minimale giftigheid een mooie toekomst kon hebben. De produktie kan echter zulke zware milieuhinder veroorzaken dat nog slechts enkele bedrijven in het Westen de produktie aankunnen. Onlangs ging hierdoor ook de laatste Belgische ultramarijnfabriek dicht.

# ULTRAMARIJN

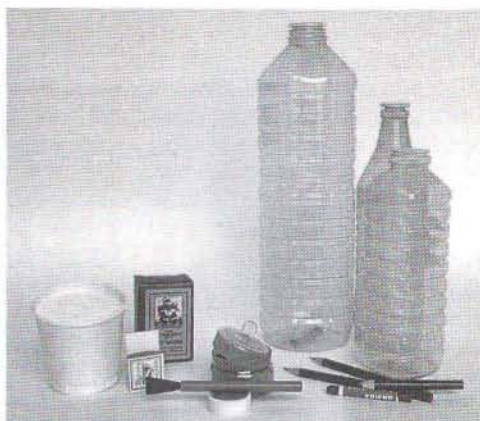


Wanneer men rekening houdt met de strikte definitie van een mineraal, is *Lapis lazuli* in feite een gesteente. De lazuursteenkorrels, die de blauwe component inbrengen zitten hoofdzakelijk ingesloten in calciëet. Lazuriet is een zwavelhoudend natrium-aluminiumsilicaat. Zuivere lazuurkristallen van enige omvang zijn zeer zeldzaam. Samen met calciëet komen ook veel pyriet-insluitsels voor, die aan *Lapis lazuli* het typische aanzicht geven. Het is zeldzaam dat een gesteente door de eeuwen heen steeds een hoge waarde heeft gehad. De aanwezigheid van veel calciëet vermindert echter sterk de kwaliteit, zodat de produktie van verkoopbaar *Lapis lazuli* sterk beperkt blijft. In deze eeuw zijn in Afghanistan nog jaren geweest met een produktie van nauwelijks twee ton. Afghanistan is nochtans de vindplaats van het kwalitatief beste materiaal. Sedert eeuwen wordt *Lapis lazuli* in onherbergzame streken in het westelijk Hindoeoesjgebergte gewonnen. In Rusland bevinden zich afzettingen aan het zuidwestelijke einde van het Baikalmeer. Tenslotte zijn er in Chili afzettingen in de Andes rond Ovalle en Coquimbo ten noorden van Santiago, die als kwalitatief minderwaardig gelden.

Dikwijls werd gepoogd *Lapis lazuli* na te maken. Duitse of Zwitserse lapis is een gele jaspis of de grijsbruine Neunkirchner jaspis die met anilineblauw of Berlijns blauw wordt gekleurd. Ook het synthetisch geproduceerde ultramarijnblauw werd in het begin van deze eeuw dikwijls met aniline bijgewerkt. Een met kobaltoxyde gekleurde spinel werd met dezelfde bedoelingen vervaardigd en blauwgekleurde serpentijnen tot zelfs glas vervolledigen deze reeks van vervalsingen en namaaksels. Gezien de beperkte en sterk gelokaliseerde produktie moeten er in de oudheid uitgebreide handelstransacties bestaan hebben die het vervoer regelden.

### Blauwsel en verf

Ultramarijnblauw, sinds anderhalve eeuw synthetisch beschikbaar, heeft enkele kenmerken die er een voor velerlei toepassingen geschikt pigment van maken. Bepaalde eigenschappen kunnen, afhankelijk van de uiteindelijke bestemming, gevarieerd worden door bewuste veranderingen in het produktieproces. Daar ultramarijnblauw zeer gemakkelijk te disper-



1

geren is in water, wordt het van oudsher gebruikt als wasblauw. Zijn hoge reflectie van blauwe golflengten neutraliseert de gele componenten van het licht, waardoor het 'geblauwde' produkt er witter uit ziet. Geel en ultramarijnblauw zijn immers een complementair kleurenpaar. Vroeger was het blauwsel in kleine zakjes of blokjes verkrijgbaar. Tegenwoordig zit het nog wel in wasmiddelen als een blauwe oplossing of als blauw gespikkeld waspoeder. Dit blekingseffect of *azuratie* wordt ook toegepast bij suiker, papier en titaniumdioxide. In de Arabische wereld wordt het veelvuldig gebruikt bij het beschilderen van de huizen. Vroeger gebeurde dat ook wel in onze streken. Hiervoor en als wasblauw gebruikt men de laagste kwaliteiten.

Ultramarijnblauw is nog steeds een must in de schilderkunst, zowel vroeger als heden ten dage is het zowel in olie- als acrylverf beschikbaar. Ook in industriële verven, lakken en drukinkten vindt het algemeen gebruik. Aangezien ultramarijn water aantrekt, kan het vanuit olie naar water migreren wanneer beide in contact komen. Om dit te voorkomen is het mogelijk deeltjes vooraf te omhullen of te coaten. Ultramarijnblauw is in tegenstelling tot organische blauwe pigmenten warmtebestendig tot 400°C. Daar ook de lichtbestendigheid uitermate goed is, is ultramarijn het blauwe pigment bij uitstek voor gebruik in alerhande plastics. Alleen de zuurbestendigheid laat te wensen over. Indien nodig, zoals bij het kleuren van polyvinylchloride, kunnen zuurvaste kwaliteiten verkregen worden door het





2

1 en 2. Waspoeder, make-up, wasblauwsel, waterflessen, kleurpotloden en verf zijn producten waar ultramarijn in verwerkt wordt. Op de rechter foto zijn ook de vier ultramarijnkleurstandaarden van Talens afgebeeld.

aanbrengen van een siliciumdioxide-coating op de afzonderlijke pigmentpartikeltjes. De beste zuurbestendige kwaliteit is bestand tegen de inwerking van een 10% kokende HCl-oplossing. In bouwmaterialen wordt het veelvuldig toegepast in keramiek, stenen en cement. Ofschoon het goed basebestendig is, is het gevoelig voor calciumionen. Bij toepassing in cement wordt het natrium uit het kristalrooster, verdrongen door calcium, met kleurverandering als gevolg. Daarom moet overtollig water bij de cementbereiding vermeden worden en de uitdroogperiode zo kort mogelijk gehouden worden. Wegens zijn niet-toxiciteit mag gesteld worden dat ultramarijn momenteel als het veiligste onder de gekleurde pigmenten geldt. Hierdoor krijgt het een uitzonderlijk belang als kleurmiddel voor kleurstiften, speelgoedverven, kunststoffen, inkt en bepaalde textielproducten die bij het verpakken met voedingswaren in aanraking komen.

## Pigmenten

Pigmenten zijn kleurmiddelen die in oplos- en bindmiddelen bijna niet oplossen. Ze kunnen zowel organisch als anorganisch zijn en zowel kleurrijk als wit. Eén van de voornaamste kwaliteiten van een pigment is de kleurkracht, die zelf afhangt van de deeltjesgrootte. Hoe kleiner de partikels hoe groter de kleurkracht. Een pigment moet een zo breed mogelijke toepassing kunnen hebben. De eisen zijn als volgt samen te vatten:

- stabiliteit t.o.v. licht;
- temperatuurstabiliteit;
- chemische bestendigheid;
- goede dispergeerbaarheid.

Een groot gedeelte van de anorganische pigmenten werd reeds vanaf de achttiende en negentiende eeuw via chemische synthese gemaakt. Enkele werden echter reeds in de Oudheid als natuurlijk produkt verwerkt.

Blauwe pigmenten zijn steeds zeer belangrijk geweest in de kunst. Bij lage belichting is het oog het langst gevoelig voor blauwe nuances. Naast ultramarijn dat de meest interessante geschiedenis heeft gekend zijn nog de in de tabel vermelde blauwe anorganische pigmenten bekend.

TABEL II-1.  
Anorganische blauwe pigmenten

Kobaltpigmenten
Kobaltblauw; kobaltaluminaat Ceruleumblauw; kobaltoxydulfstannaat Kobaltviolet; kobaltfosfaat of kobaltarsenaat Smalt; kobaltglas
Mangaanpigmenten
Mangaanblauw; mengkristal uit barium-mangaanaat en -sulfaat Mangaanviolet; mangaanammoniumfosfaat
IJzercyaanpigmenten
Berlijns-, Parijs-, Pruisisch en Miloriblaauw; ferri ferrocyaniden
Koperverbindingen
Azurietmalachiet; natuurlijke basische kopercarbonaten met wisselend gehalte aan kristalwater Egyptisch blauw Pompejaansblauw Kopercalciumsilicaat Bremerblauw; koperhydroxide

## Van edelsteen en natuurlijk pigment

In de menselijke ontwikkelingsgeschiedenis treft men al zeer vroeg het gebruik aan van sieraden en versieringen op gebruiksvoorwerpen. Zelfs in de verre Prehistorie in nog rudimentaire levensgemeenschappen vertoont de mens reeds een aspiratie om iets moois te creëren. Naast goud werd al snel waarde gehecht aan edelstenen en mineralen waaruit sieraden, kralen en halssnoeren werden gemaakt. Niettegenstaande de zeldzame vindplaatsen kan men door de hele geschiedenis heen Lapis lazuli in vele culturen aantreffen. Reeds in de Uruk-tijd (3200-3000 voor Christus) is het in Mesopotamië aanwezig. Onder de benamingen zoals Zagin (Sumer), Uknu (Akkad), Saphiros (Griekenland en in de Bijbel), Lagward (Perzië), krijgen we in de Middeleeuwen voor het eerst de benaming Lapis lazuli, afgeleid van lazul of lazur dat in het Perzisch naar de blauwe kleur verwijst. In Egypte werd

Lapis lazuli veelvuldig gebruikt voor allerlei kleine sculpturen, waarvan er gebruikt werden om in het gemummificeerde lichaam bepaalde organen te symboliseren. In de Grieks-Romeinse cultuur en voornamelijk in de Hellenistische periode heeft het snijden van ringstenen een ongekende bloei gekend. Naast gekleurde agaten of kornalijn komt Lapis lazuli dan ook voor als basismateriaal voor deze *intaglio's*.

Vanaf de Middeleeuwen wordt Lapis lazuli nogal eens gebruikt als versieringselement in de architectuur ondermeer als bedekking van wanden of zuilen. Door zijn aanwezigheid in Chili vindt men het ook in de Amerikaanse precolumbiaanse kunst. Al snel werd getracht om het blauwe lazuriet uit het ruwe gesteente te isoleren, om als pigment in blauwe verven verwerkt te worden. Marco Polo beschrijft er op het einde van de dertiende eeuw reeds een methode voor.

1





De Codex Neapolitanus die handelt over miniatuurschilderkunst vermeldt het als Azurium ultramarinum evenals het oudste Duitse werk over schildertechniek: het Strassburger Manuscript.

Niettegenstaande de ontwikkeling van vele moderne synthetische blauwe pigmenten waaronder ook organische, blijft het ultramarijnblauw, oorspronkelijk afkomstig uit Lapis lazuli toch voor vele schilders een geliefd bestanddeel van hun palet wegens zijn onovertroffen tinten. Ofschoon er actueel wel enkele problemen zijn door de politieke onrust rond de vindplaatsen in Afghanistan, komt Lapis nog veelvuldig voor in modern Oosters snijwerk, staat het nog sterk in de belangstelling en vindt het verwerkt in etnologische juwelen, steeds meer de weg naar geïnteresseerde verzamelaars.

2



II-1. De Belgische kunstschilder Octave Landuyt is een van de moderne kunstenaars die graag met ultramarijn werkt. Deze pastel op paneel is een pleidooi voor de bescherming van vogels.

II-2. Een Oudegyptisch beeldje van Lapis lazuli. Dit is een zeer goede kwaliteit lapis, te zien aan het egaal blauw onder het verweringslaagje, die tegenwoordig nog maar zelden aangetroffen wordt.

## Belgian blue

Vanaf het begin van de achttiende eeuw kan men gewagen van een industriële chemische productie van pigmenten. In 1704 wordt Berlijns blauw, in 1777 kobaltblauw en in 1778 chromaatgeel bereid. Vooraleer met synthetische productie te kunnen starten moet een goede kennis van de samenstelling beschikbaar zijn. De eerste analyse van lazuriet werd in 1806 uitgevoerd door Clémont en Dêsormes. Zij vonden 35,8%  $\text{SiO}_2$ ; 34,8%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 23,2%  $\text{Na}_2\text{O}$ ; 3,1% S en 3,1%  $\text{CaCO}_3$ .

Hierin zitten reeds alle elementen die later bij de productie zouden worden gebruikt. Een geslaagde synthese werd in 1822 door C. Gmelin en in 1828 door F.A. Köttig uitgevoerd. Toch wordt de Fransman Guimet als de grondlegger aangezien van de industriële productie. Hij ontving daarvoor in 1828 de Prijs van de 'Société d'Encouragement'. Weldra vindt men dat naast het blauwe pigment ook nog andere tinten te verkrijgen zijn. J.R. Wagner verkrijgt in 1868 groen ultramarijn en Wunder in 1872 de violette en rode tint. De term ultramarijn wordt dus wel eens foutief alleen met het blauwe pigment geassocieerd.

In 1830 wordt in Frankrijk de eerste fabriek opgericht en vier jaar later in Duitsland. In de tweede helft van de negentiende eeuw is de industriële productie van ultramarijnblauw volop op gang en zijn goede producten voor industriële toepassing verkrijgbaar. Ook in België zijn dan veel bedrijven die beweren ultramarijnblauw te produceren. De kwaliteit is echter zeer laag en veelal wordt minderwaardig ingevoerd blauw verwerkt of wordt zelfs aan de afgewerkte producten aniline toegevoegd. In 1906 wordt in de omgeving van Gent een fabriek gebouwd die onlangs, na 80 jaar, als laatste Belgische ultramarijnfabrikant haar deuren heeft gesloten. De eerste jaren waren moeilijk voor deze fabriek. De meeste markten waren beschermd, zodat de eerste inspanningen zich moesten beperken tot het veroveren van de Belgische, alsmede enkele kleinere buitenlandse markten. Stilaan steeg de kwaliteit en de afzetmogelijkheden, zelfs zodanig dat in de Verenigde Staten nogal eens de term 'Belgian blue' wordt gebruikt. De laatste twee decennia betekenden echter een keerpunt.

Om een exact inzicht te hebben in de zeer complexe vorming van ultramarijn waren gro-



3

3 en 4. Ultramarijn werd ook in de inmiddels gesloten Gentse fabriek bereid in aarden potten. Deze moesten aan zeer specifieke eisen wat hun poreusheid betreft voldoen. Daarom beschikte de fabriek over een eigen pottenbakkerij. Afbeelding 3 toont de mengkuip voor de klei, daaronder (4) de opslag van de nieuwe potten.

5. Globaal en vereenvoudigd reactieschema voor de bereiding van ultramarijn. In de reactiepotten in de ovens verlopen, afhankelijk van de temperatuur en de menging van de uitgangsstoffen, ingewikkelde en verschillende reacties. Hier is steeds aangegeven welke stoffen in een bepaald stadium veel aanwezig zijn.



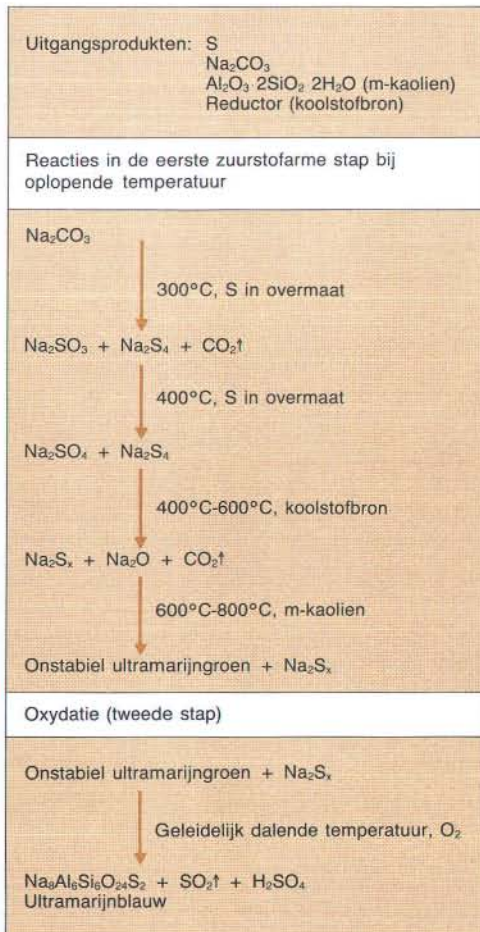
4

te investeringen nodig, zodat te lang met een technologisch verouderde infrastructuur werd gewerkt. De opkomst van veelal goedkopere organische blauwe pigmenten veroorzaakte veel concurrentie en ook de energiecrisis gaf een slag aan de energie-opslopende productie van dit pigment. De uiteindelijke oorzaak voor het verdwijnen van verscheidene bedrijven is toch het milieu-effect geweest. De traditionele produktiemethodes gaan gepaard met de uitstoot van grote hoeveelheden  $\text{SO}_2$ . Technische aanpassingen hadden dit zeer goed kunnen voorkomen, maar dat was voor de verouderde kleinere bedrijven een onoverkomelijke handicap. Zo komt het dat zelfs de Verenigde Staten en West-Duitsland geen eigen ultramarijnproductie meer hebben.

### De synthese

Ultramarijn wordt gesynthetiseerd uit een mengsel van  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , zwavel, m-kaolien ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) en een reductor (pek, houtskool of zware olie). Andere componenten zoals  $\text{SiO}_2$  en  $\text{NaOH}$  kunnen toegevoegd worden, maar zijn niet essentieel voor de reactie. De synthese gebeurde traditioneel in een eerste stap door reactie bij hoge temperatuur in ovens onder reducerende atmosfeer tot een onstabiel ultramarijngroen. In een tweede stap wordt het produkt geoxydeerd tot ultramarijnblauw. Het procédé is dus discontinu, er vinden twee opeenvolgende reacties plaats. Tijdens de synthese wordt een deel van de zwavel chemisch gebonden in het pigment, met een





5

ander deel wordt natriumsulfaat gevormd dat later moet worden uitgespoeld. Een derde deel tenslotte sublimeert uit het mengsel en wordt geoxydeerd tot  $\text{SO}_2$  in de ovenatmosfeer. Waar men de ideale oventemperatuur lange tijd rond 800°C dacht, blijkt nu dat ultramarijn verkregen kan worden in twee stappen bij 700°C, maar dat het ook reeds rond 600°C wordt gevormd. Een probleem voor de industriële productie is de homogeniteit van de warmteverdeling in de ovens. Als deze niet optimaal is, wordt het noodzakelijk bij een hogere temperatuur te werken. De gebruikte reductor is van invloed op de reactietemperatuur waarbij de eerste synthesefase verloopt. De uiteindelijke kleur en dus ook de kwaliteit is afhankelijk van de hoeveelheid gebonden zwa-

vel in het kristalrooster. De aanwending van meer effectieve reductoren kan een temperatuurinterval doen ontstaan tussen het einde van de reductiereactie en het begin van de vormingsreactie. Het is mogelijk deze vlugger op gang te brengen, door activering van het m-kaolien, of gebruik van alternatieve aluminosilicaat-bronnen. Het toevoegen van een activator, fluorverbindingen bijvoorbeeld, is bedoeld om de reactie tussen m-kaolien en de natriumverbindingen te versnellen en de vorming van de voorlopers van ultramarijn bij lagere temperatuur te bewerkstelligen. Fluor kan rechtstreeks met m-kaolien reageren waarbij enkele zuurstofmolekulen door het fluor worden vervangen in het aluminosilicaatrooster. Deze reactie kan aanleiding geven tot het ontstaan van reactieve producten.

Een verdere stap naar een efficiëntere en meer rendabele synthese van ultramarijn zou een één-stap proces zijn, zelfs mogelijk continu uitvoerbaar, waarbij de laatste oxydatiefase met  $\text{SO}_2$  en  $\text{O}_2$  wordt overgeslagen. In de industrie wordt hierop nu overgeschakeld volgens een technologie die nog tot de geheime fabricageprocessen behoort.

### Industriële productie

De synthese van ultramarijn via laboratorium-procédés is slechts een eerste stap in de productie van het commercieel industrieel pigment. De technologie hiervoor moet zowel praktisch als financieel haalbaar zijn. De voorziene toepassingen hebben overigens ook invloed op de industriële bewerkingen die het pigment moet ondergaan. De volledige productiecyclus kan als volgt samengevat worden. *Bereiding van het reactiemengsel.* Kaolien uit porseleinaarde bevat nog een aantal watermolekulen zodat het vooraf in een oven tot m-kaolien wordt verhit tot ongeveer 800°C. Dan blijft er minder dan 1% kristalwater over. De basiscomponenten worden in trommels met zware ijzeren maalkogels gedurende verscheidene uren intens vermengd.

*Synthese in de ovens.* De oude technologie kende tot nu toe een *batchsysteem*. Hierbij is een aantal ovens beschikbaar die opeenvolgend gevuld en op temperatuur gebracht worden met kolen of stookolie. Is de gewenste temperatuur bereikt, dan wordt de oven voor een aantal dagen zo hermetisch mogelijk van



6



7



8



11

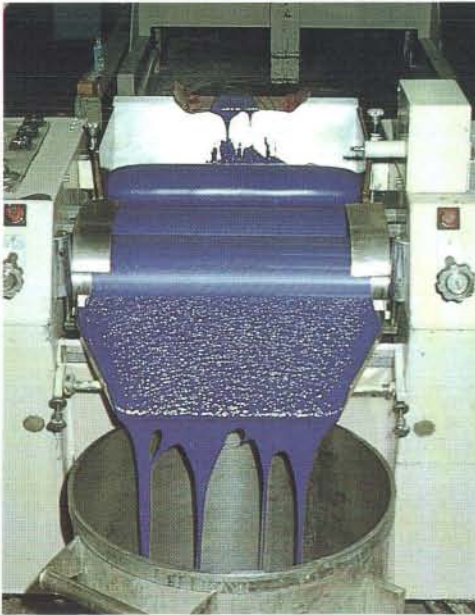
de buitenlucht afgesloten, waarbij de eerste reactie verloopt. Nadien wordt stilaan buitenlucht in de ovens toegelaten en start het oxydatieproces. Beneden ongeveer  $300^{\circ}\text{C}$  is de reactie afgelopen en kan het produkt na koeling uit de oven gehaald worden voor verdere bewerking. Voor het stapelen in de ovens werden grote aardewerken potten gebruikt. Deze werden op het bedrijf zelf gebakken omdat de samenstelling van zeer groot belang is voor een goede blauwbereiding. Een juiste poreusheid voor de gevormde gassen is noodzakelijk. Zwaveldampen uit de overmaat zwavel van het mengsel en lucht moeten langs de wanden van de potten uitgewisseld kunnen worden.

**Wassen.** Als het produkt uit de ovens gehaald wordt bevat het nog circa 20%  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dat

verwijderd moet worden. Daartoe wordt het 'brute blauw' zoals het genoemd wordt, in containers met warm water uitgewassen en reeds enigszins verpulverd. Tijdens het wassen en malen moet men al rekening houden met de decantatie afgieten die daarna nog volgt. Een trapsgewijze decantatie met een scheiding op deeltjesgrootte kan slechts gebeuren in een oplossing, arm aan twee- en driewaardige positieve ionen. In het tegengestelde geval treedt uitvlokking op, waarbij alle deeltjes neerslaan en geen neerslagvorming meer mogelijk is volgens de deeltjesgrootte. Wassen met zuiver water is daarom nu al geboden.

**Malen.** De deeltjes zijn nu nog veel te grof ( $\pm 20 \mu$ ) voor gebruik als pigment, ze moeten intensief gemalen worden. Hiervoor worden ze





9



10



12

De bereiding van een ultramarijn acryl-kunstschilderverf bij de Talens verf fabrieken. Aan de basisstoffen voor de verf voegt men een speciaal voor deze kleur geselecteerde tint ultramarijnblauw toe (6). Na goed mengen (7) gaat de verf op de wals (9). De rollen van de wals draaien op verschillende snelheid ten opzichte van elkaar waardoor de emulsie er als het ware doorheen gewreven wordt en zeer fijn vermengd raakt. Op sommige momenten in de productie

neemt men monsters (8) die in het laboratorium op kleur, zuurgraad en smeerbaarheid worden getest (11). De laatste stap in de productie is de vacuümbehandeling (10) waarbij de verfmasa ontlucht wordt, dit vergemakkelijkt het vullen van de tuben.

12. Decennia lang vertrok het 'Belgian blue' naar alle uithoeken van de wereld in zeer uiteenlopende verpakkingen, afhankelijk van de bestemming en het bedoelde gebruik.

in trommels met behulp van kleine maalkogeltjes langdurig (tot 96 uur) nat gemaal. Tijdens het malen komen, vooral in het begin, kationen vrij uit de gebroken aggregaten die weer gevaar voor uitvloeking opleveren. Het is dus belangrijk dat het waswater zo zuiver mogelijk is en de maalduur zo lang mogelijk genomen kan worden, meer dan 24 uur, om de hoogste opbrengst aan kleine partikels te verkrijgen.

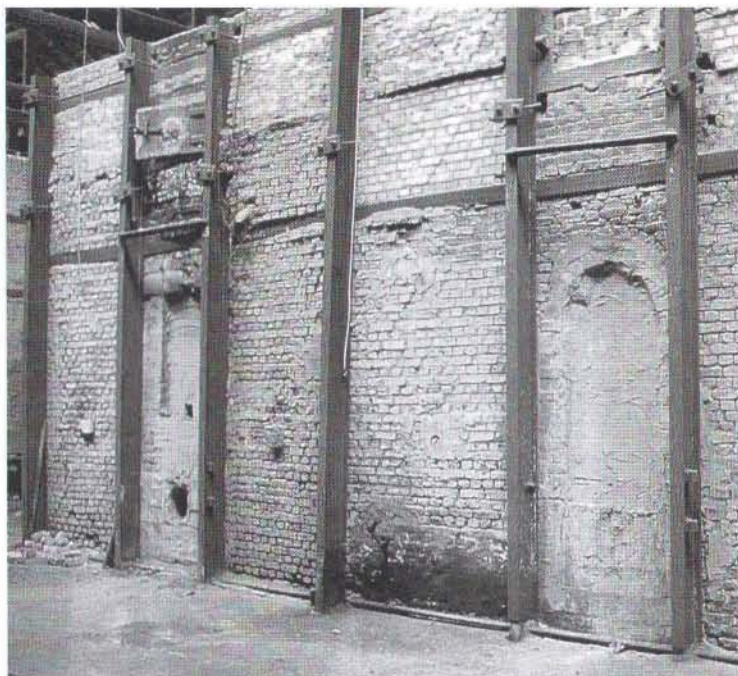
**Decantatie.** Een volgende stap is de decantatie, waarbij deeltjes van dezelfde grootte-orde gezamenlijk afgezonderd worden. Niettegenstaande het langdurig malen blijft er toch een grote variatie in partikelgrootte bestaan. Na de natte maling wordt het 'blauwsel' samen met een hoeveelheid water in grote sedimentatie-

bakken overgepompt. De grootste deeltjes bezinken eerst, en na een zekere tijd wordt de bovenstaande vloeistof naar een ander bekken gepompt. Ultramarijnblauw is één van de zeldzame stoffen die gemakkelijk in duidelijk afgescheiden, vaste laagjes kunnen bezinken. Het bezinken laat men meerdere keren gebeuren, waarbij de bezinkingstijden voor de opeenvolgende grootte-klassen steeds langer genomen moeten worden. Tenslotte krijgt men suspensies waarvan de deeltjes praktisch niet meer natuurlijk sedimenteren. Deze laatste en beste kwaliteit wordt uiteindelijk met een filterpers afgezonderd. Continu-sedimentatie is wel arbeidsbesparend, maar geeft problemen om een gelijkwaardige kwaliteit als vroeger te waarborgen.



13. De ovens werden tijdens de eerste zuurstofarme produktiestap steeds hermetisch dichtgepleisterd om toevoer van lucht te verhinderen. Te zien is hoe het eigenlijke metselwerk zeer gehavend is door het jarenlang opwarmen en afkoelen van de ovens.

14. De kwaliteit van ultramarijn wordt sterk bepaald door het aantal sedimentaties dat het heeft doorlopen. Op de foto de getrappt opgestelde bezinkingsbakken in de inmiddels gesloten Gentse fabriek. Hoe kleiner de pigmentdeeltjes worden, hoe langer de sedimentatiefase duurt. De produktie van het pigment kan daardoor makkelijk enkele weken in beslag nemen.



13

14



**Drogen.** De verschillende sedimentatiefractionen alsmede de fractie uit de filterpers worden nu in drogovens volledig gedroogd.

**Mengen, ziften, verpakken.** De verkregen fracties hebben hun eigen kenmerken inzake kleurtint en -kracht. De meeste verbruikers willen echter een zo gelijkvormig mogelijk produkt afnemen dat in het bedrijfslaboratorium dan ook samengesteld moet worden met behulp van diverse fracties. Ook wordt meestal geen zuiver ultramarijnblauw verhandeld

maar wordt het eerst in een bepaalde verhouding gemengd met een neutrale draagstof. Nadat alles goed gemengd is en nog eens gezeefd, voor het verwijderen van kleine accidentele onzuiverheden, kan verpakt worden en is het ultramarijnblauw klaar voor verzending.

### Belasting van het milieu

Spijtig genoeg kan dit milieuvriendelijk pigment tijdens zijn produktiecyclus een reeks reacties veroorzaken die alle het milieu zwaar kunnen belasten. Technisch is het nochtans in een moderne produktie-eenheid heel goed mogelijk ultramarijnblauw zonder milieuhinder te produceren. Alleen bedrijven die financieel in de mogelijkheid zijn de kosten van de investeringen wegens milieuzorg te combineren met een rendementsverhoging van hun produktie, kunnen zich dit veroorloven.

Bij de klassieke produktiemethode is het afvalgas  $\text{SO}_2$  steeds het hoofdprobleem geweest. De  $\text{SO}_2$  is afkomstig van een noodzakelijke overmaat zwavel uit het basismengsel. Momenteel staat zwaveldioxyde volop in de belangstelling van de milieugroepen en op de in-



TABEL 1. Technische gegevens ultramarijnblauw

Samenstelling	$\text{Na}_2\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{S}_4$
Soortelijk gewicht	2,35
Brekingsindex	1,51
Oliegetal (g olie/100 g pigment)	33,5 tot 49
Partikelgrootte	$4\mu$ tot $0,3$ à $0,6\mu$
Vrije zwavel	0,3% tot 0,15%
Soortelijke oppervlakte ( $\text{cm}^2\text{g}^{-1}$ )	13 500 tot 100 000
Bestendigheid	
Warmte	400 à 500°C
Licht	Zeer goed
Alkali	Zeer goed, gevoelig voor calciumionen
Zuren	Degradatie vanaf pH 5
Oplosbaarheid in	
Water	Onoplosbaar
Organ. oplosmiddelen	Onoplosbaar
Brandbaarheid	Onbrandbaar
Toxiciteit	$\text{LD}_{50} > 25 \text{ g.kg}^{-1}$
Huid- en oogirritatie	Niet waargenomen

vloed ervan op het ontstaan van zure regen wordt momenteel veelvuldig ingegaan. Aangezien  $\text{SO}_2$  een ietwat grotere dichtheid heeft dan lucht, kan het gebeuren dat bij een onvoldoende trekkende schoorsteen, bij te koude uitlaatgassen en vanzelfsprekend bij inversie, de rookpluim neerslaat, zodat zelfs bij de hoogste schouwen in de onmiddellijke nabijheid van de fabriek bij de plantengroei verbranding door  $\text{SO}_2$  is waar te nemen. Dergelijke problemen zijn niet alleen belangrijk voor de nabije omgeving maar worden meer en meer op nationaal en internationaal niveau behandeld. Daarom kan het verhogen van schoorstenen of verdunnen van de uitlaatgassen niet meer als een oplossing beschouwd worden. Alleen op de totale hoeveelheid uitgestote gassen kan een verantwoord beleid worden gevoerd. Aangezien tijdens de reactiecyclus  $\text{SO}_2$  zelf niet essentieel is en alleen in oxyderende omstandigheden zwavel tot  $\text{SO}_2$  wordt omgezet is het technologisch mogelijk dit probleem te verhelpen:

— zuivering van de  $\text{SO}_2$ -rookgassen onder vorming van gips, ofschoon dat momenteel ook al een afvalproduct is;

— produktie van  $\text{H}_2\text{SO}_4$  uit  $\text{SO}_2$ , wat financieel alleen mogelijk is bij zeer grote volumes;

— gebruik van zwavelverbindingen zoals  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  of  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  als zwavelbron;

— verwarmen in niet-oxyderende omstandigheden: indirecte elektrische verwarming. S kan nadien teruggewonnen worden in een condensatiekamer.

Naast  $\text{SO}_2$  kunnen ook nog andere gasen in de atmosfeer gebracht worden zoals  $\text{H}_2$ , COS en  $\text{CS}_2$ . Deze gasen zijn echter door een goede samenstelling van het basismengsel te vermijden. Zo kan  $\text{H}_2\text{S}$  gevormd worden bij een onvoldoende calcineren van het kaolien en COS en  $\text{CS}_2$  bij een overmaat aan reductor.

### Lozingsprodukten

Bij de klassieke produktiewijze en met de geldende normen voor verbindingen als  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  vormt het lozingswater geen probleem. Bij de nieuwe technologieën, zonder oxydatiestap, wordt wel geen  $\text{SO}_2$  gevormd maar in plaats van natriumsulfaat bekomt men ultramarijn gemengd met natriumpolysulfiden, ( $\text{Na}_2\text{S}_x$ ). In de praktijk mogen polysulfidische zouten niet zonder meer in het oppervlaktewater geloosd worden en moeten eerst volledig geoxydeerd worden.

Tot slot kunnen we nog wijzen op de problematiek bij het gebruik van fluor-verbindingen als activators van m-kaolien. Het is duidelijk dat niet alle F-ionen in het kristalrooster worden opgenomen en er ook nog een NaF-rest in het lozingswater terecht zal komen. Fluor is voor het milieu een terecht gevreesd element. Bij fluoridegebruik kan overigens de niet-toxiciteit van ultramarijn ter discussie gesteld worden, daar HF uit het pigment zou kunnen vrijkomen bij gebruik in licht zuur milieu.

### Literatuur

- Ullmans Encyklopädie der Technischen Chemie. Weinheim-Florida-Basel: Verlag Chemie, 1979: Band 18, pag. 545-695 (Pigmente).
- Molenaar Leo en Peter Kooiman. Chemie en Samenleving. Van kleurstof tot kunstmest. Maastricht: Centrale Uitgeverij/Natuur & Techniek, 1986: 125 pag.

### Bronvermelding illustraties

- Koninklijke Talens BV, Apeldoorn: pag. 194-195, afb. 2, 6, 7, 8, 9, 10, 11.
- Octave Landuyt, Heusden: afb. II-1.
- De overige illustraties zijn afkomstig van de auteur.

---

---

'Peinzende Paulus' is de titel van deze tekening van Rembrandt. Deze oude man lijkt, zoals veel dementerende bejaarden in zichzelf gekeerd en nauwelijks meer toegankelijk voor de buitenwereld. Rembrandt tekende hem met rood en zwart krijt.

**E. Fliers**

*Nederlands Instituut voor  
Hersenonderzoek  
Amsterdam*

**D. Troost**

*Academisch Medisch  
Centrum  
Amsterdam*

---

---







## DE ZIEKTE VAN **ALZHEIMER**

De hersenen kunnen niet langer als 'black box' bestempeld worden. Moderne onderzoekstechnieken zijn langzamerhand zo verfijnd, dat ze ook op menselijke hersenen toegepast kunnen worden. Enerzijds heeft dit geleid tot een groeiend inzicht in structuur en functie van de hersenen. Anderzijds worden deze technieken steeds meer toegepast bij het onderzoek van neurologische en psychiatrische ziekten. De laatste jaren wordt onderzoek naar de ziekte van Alzheimer gestimuleerd. Dit is de meest voorkomende vorm van dementie, die als gevolg van de vergrijzing

van de bevolking steeds vaker voorkomt. Hoewel men steeds meer te weten komt over de afwijkingen in de hersenen bij deze ziekte, tast men nog volledig in het duister omtrent de oorzaak. Ook is er nog geen geneesmiddel dat het proces kan stoppen of vertragen. Omdat er geen diermodel voor deze ziekte voorhanden is, is men aangewezen op onderzoek van menselijke hersenen. Daarom werd kortgeleden gestart met de organisatie van een hersenbank, waardoor hersenweefsel van Alzheimer-patiënten beschikbaar komt voor neurobiologisch onderzoek.

---

## Neurobiologisch perspectief

---

## Alzheimer

Volgens diverse onderzoeken lijdt 5 tot 10% van alle bejaarden (65 jaar en ouder) aan dementie. Doordat het voorkomen van dementie sterk toeneemt met de leeftijd, gaat de vergrijzing van de bevolking gepaard met een toename van het aantal patiënten. Een recente schatting op basis van buitenlandse getallen leidde tot een raming van 120000 dementerende ouderen in Nederland, wat neerkomt op zo'n 60000 Alzheimer-patiënten. Voor België zijn deze getallen circa 90000, respectievelijk 45000.

Een definitie van dementie is moeilijk te geven. Meestal wordt dementie omschreven als een verworven, globale en geleidelijke achteruitgang van cognitieve functies. Vaak is dit proces onomkeerbaar en worden de symptomen geleidelijk erger. Tot de kernsymptomen behoren achteruitgang van geheugenfuncties en intellect alsmede persoonlijkheidsveranderingen. Diverse symptomen, zoals spraakstoornissen en oriëntatiestoornissen kunnen voorkomen, afhankelijk van de oorzaak en het stadium. Van dit *dementiële syndroom* zijn meer dan 50 oorzaken bekend, variërend van een zeldzaam voorkomend gebrek aan bepaalde vitamines tot de *dementia pugilistica*, die kan optreden bij bokscers enkele jaren tot jaren na het beëindigen van hun bokscarrière. Verreweg de meeste gevallen van dementie, de helft van het totaal, berusten echter op de ziekte van Alzheimer. Wij zullen ons in dit artikel dan ook voornamelijk beperken tot de ziekte van Alzheimer.

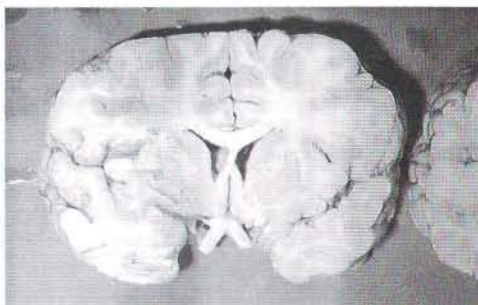
De diagnose 'ziekte van Alzheimer' wordt tijdens het leven gesteld als andere oorzaken van dementie uitgesloten kunnen worden. Hoewel er voor de ziekte van Alzheimer (nog) geen geneesmiddel bestaat, is het uitermate belangrijk om een goed lichamelijk onderzoek te doen, omdat op deze wijze een aantal andere vormen van dementie opgespoord kunnen worden, waarvan er enkele goed behandelbaar zijn.

De reden voor het feit dat de diagnose Alzheimer bij uitsluiting wordt gesteld is dat er nog geen kenmerk is gevonden dat specifiek is voor de ziekte. Alleen door pathologisch-anatomisch onderzoek na de dood kan worden vastgesteld of er bij de demente patiënt inderdaad sprake was van de ziekte van Alzheimer.

Dit gebeurt aan de hand van de mate waarin de volgende klassieke neuropathologische kenmerken worden aangetroffen.

1. *Verlies van neuronen*, onder meer in de hersenschors.
2. *Seniele plaques*. Dit zijn kleine lesies (beschadigingen), voornamelijk in de hersenschors, die bestaan uit degenererende zenuwvezels, geactiveerde gliacellen en een kern van amyloïd (zie afb. 3). Amyloïd is een eiwit-substantie die zich bij diverse aandoeningen in organen kan ophopen.
3. *Neurofibrillaire degeneratie*. Neurofibrillen zijn dunne vezels in het cytoplasma van neuronen. Ze bestaan uit 'paired helical filaments', eiwitten die chemisch nog niet volledig zijn gekarakteriseerd (zie afb. 4).
4. *Granulovacuolaire degeneratie*. Voornamelijk in neuronen van de hippocampus, een deel van de hersenen dat betrokken is bij geheugenprocessen, worden intracellulair vacuolen gezien waarin zich materiaal bevindt dat, anders dan de normale vacuole-inhoud, geen elektronen doorlaat (zie afb. 5).

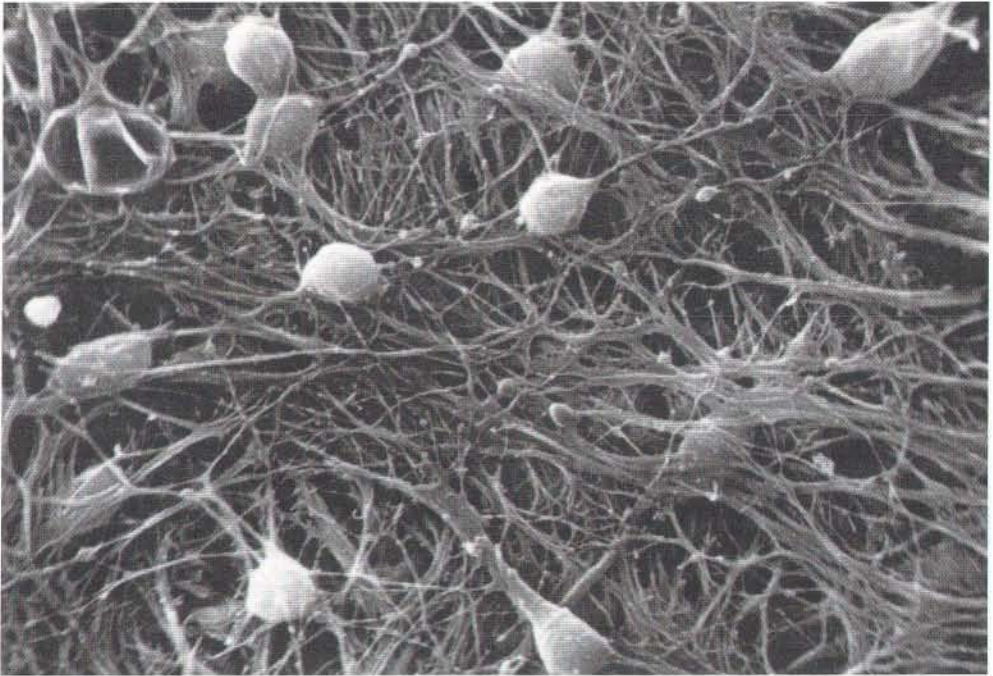
1



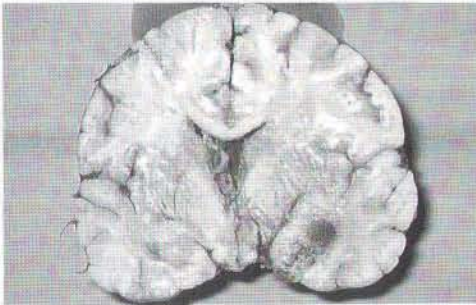
Hoewel de uitgebreide aanwezigheid van grote aantallen van deze kenmerken doorslaggevend is voor de diagnose, worden ze, in geringere mate, ook waargenomen bij niet-demente ouderen en bij andere ziektebeelden. Plaques zouden zelfs in geringe mate voorkomen bij 25% van de populatie onder de 65.

Recent werd een eiwit beschreven dat voorkomt in gedegenerende en in intacte neuronen in de hersenschors van Alzheimer-patiënten. Dit eiwit werd herkend door een antilichaam dat nauwelijks reageerde met hersenweefsel





2



1. Boksers lopen het risico dat de vele slagen tegen hun hoofd leiden tot een vorm van dementie. Hoe hard die slagen kunnen aankomen wordt hier geïllustreerd aan de hand van twee hersenpreparaten. De linkerfoto toont een preparaat van gezonde hersenen. Rechts zien we de hersenen van een bokser, die enige dagen na een gevecht overleed. Merk op dat de scheidingswand in de hersenholte losgeraakt is en dat er talloze bloedingen zijn.

2. Deze scanning-elektronenmicroscopische foto van neuronen in de hersenschors geeft een goede indruk van de uiterst gecompliceerde structuur daarvan. Bij de ziekte van Alzheimer is op sommige plaatsen sprake van verlies van neuronen; er vallen als het ware gaten in het netwerk van verbindingen.

van gezonde controlepersonen. Indien een DNA-probe ontwikkeld kan worden die het coderende gen van dit eiwit herkent, ontstaat in principe de mogelijkheid van een diagnostische test bijvoorbeeld op basis van een bloedmonster.

Het is zeer moeilijk om de diagnose dementie in een vroeg stadium te stellen. Een geringe geheugenstoornis is niet ongewoon op hoge leeftijd en het is dan ook zeer moeilijk om te beslissen waar de grens ligt tussen normaal en afwijkend. Dit probleem geldt niet alleen op het gebied van psychische functies. Ook op neurochemisch en neuropathologisch gebied lijken 'normale' veroudering en de ziekte van Alzheimer in elkaars verlengde te liggen. Daarom beschouwen sommigen de ziekte van Alzheimer als een versnelde vorm van het normale verouderingsproces van de hersenen.

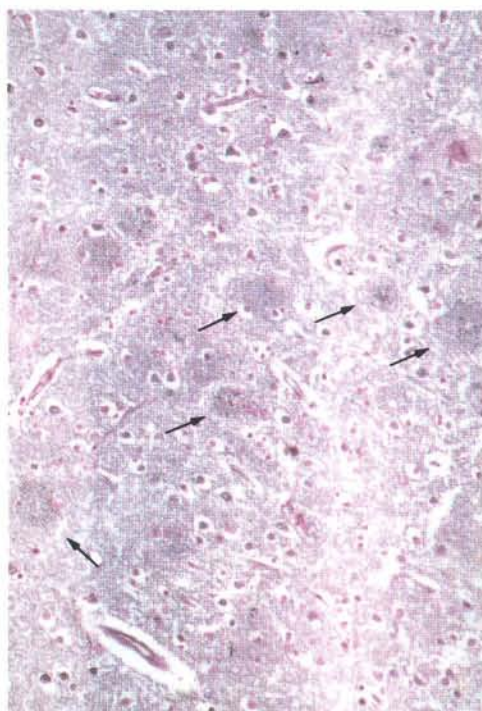
### Oorzaken

Veel onderzoek is gedaan naar de oorzaken van de ziekte van Alzheimer. Een aantal van de gangbare hypothesen zullen hieronder kort besproken worden.

3. Seniele plaques. Op deze microscopische opname uit de hersenschors van een patiënt met de ziekte van Alzheimer is een groot aantal plaques (pijlen) aanwezig.

4. Neurofibrillaire degeneratie. In de neuronen van Alzheimer-patiënten treft men ook vaak verdikte fibrillen in het cytoplasma aan (pijl).

5. Granulovacuolaire degeneratie. Dit verschijnsel ziet men in de neuronen van de hippocampus. Normaal zijn vacuolen zichtbaar als heldere blaasjes; in dit geval bevatten ze ook nog donkere stippen.



3



210

## PET Scanning

Enkele jaren geleden werd het mogelijk om afbeeldingen van de menselijke hersenen te maken die informatie geven over de regionale metabole toestand. De hiervoor benodigde techniek heet Positron Emissie Tomografie (PET). Deze maakt het mogelijk de verdeling van een positronen te meten. Zo kan men een indruk krijgen van bijvoorbeeld de metabole activiteit en de doorbloeding in het hersenweefsel.

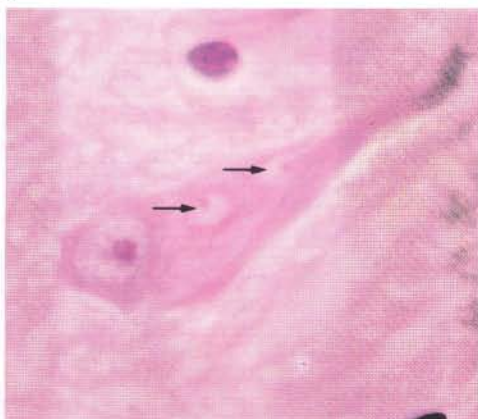
Voor het meten van de metabol activiteit wordt een kleine hoeveelheid van een met een radioactieve isotoop gelabelde stof toegediend, bijvoorbeeld 18F-2-fluoro-2-deoxyglucose. Het glucose bereikt via het bloed de hersenen, maar kan niet volledig gemetaboliseerd worden tot  $\text{CO}_2$  en  $\text{H}_2\text{O}$ . Het gevolg hiervan is dat een radioactieve metaboliet zich opstapelt vooral in die hersengebieden waar het glucoseverbruik hoog is.

De bij het verval van de isotoop uitgezonden positronen worden gedetecteerd met scanners en door een computer wordt vervolgens een beeld geconstrueerd van deze positron-emissie. Door de op deze wijze verkregen stralingsintensiteit te vertalen in een kleurcode kunnen afbeeldingen worden gereconstrueerd waarop het lokale glucoseverbruik kan worden afgelezen.

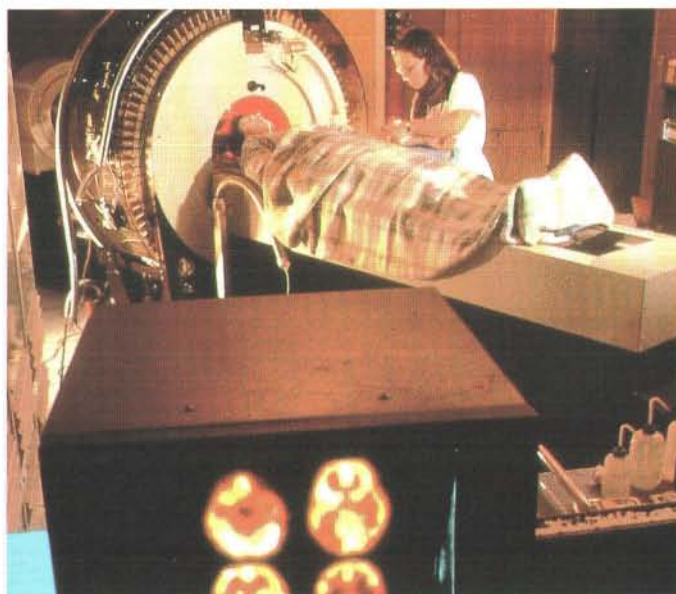
Bij de ziekte van Alzheimer bleek het glucoseverbruik te zijn afgenomen ten opzichte van de norm voor de leeftijd. Dit was vooral het geval in de frontale en pariëtale schors (zie afb. 1-2).

INTERMEZZO

5







I-1. Een patiënt wordt in een PET-camera geschoven voor het maken van een opname.

I-2. Betrekkelijk nieuwe technieken als de PET en de Nuclear Magnetic Resonance (NMR) maken het mogelijk om aandoeningen nauwkeuriger te diagnosticeren. A en B zijn NMR-opnamen van een gezond persoon (A) en een Alzheimer-patiënt (B). NMR-opnamen onthullen de structuur van het weefsel. De hier afgebeelde PET-scans (C en D) verraden gebieden waar het glucoseverbruik veranderd is. De rode kleur duidt op een hoog verbruik, de blauwe op een laag. Opvallend is dat bij Alzheimer-patiënten (D) het glucoseverbruik in de hersenschors afgenomen is.

1

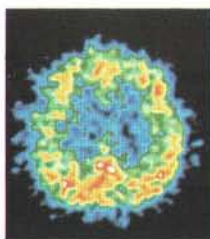
2



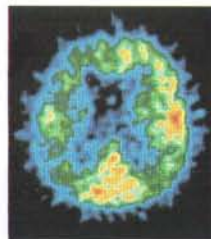
A



B



C



D

In de jaren zestig werd bekend dat injecties met *aluminium-zouten* leiden tot het ontstaan van veranderingen in de hersenen van proefdieren, die lijken op de neurofibrillaire degeneratie. Later werd bekend dat nierdialyse met aluminium bevattende spoelvoeistof ook kan leiden tot een vorm van dementie (*dialyse-encefalopathie*). Er is echter geen bewijs voor de veronderstelling dat aluminium-ophoping ten grondslag ligt aan het ontstaan van de ziekte van Alzheimer. Bovendien bleek dat de neurofibrillaire degeneratie bij met Al behandelde proefdieren niet identiek is aan die welke gevonden wordt bij de ziekte van Alzheimer.

Volgens sommigen moet de ziekte van Alzheimer gerekend worden tot de *auto-immuunziekten*. Bij deze groep ziekten ontstaan de afwijkingen doordat het immuunsysteem lichaamseigen stoffen met antilichamen te lijf gaat, waardoor weefselaafbraak optreedt van in principe gezond weefsel. Inderdaad werden deze 'auto-antilichamen' tegen hersencellen aangetroffen in het bloed van Alzheimer-patiënten. Ze komen echter ook voor bij 10% van alle gezonde ouderen, hetgeen doet vermoeden dat immunologische processen zeker niet de enige factor zijn bij het ontstaan van de ziekte. Bovendien zijn deze antilichamen afwezig in de hersenvloeistof, de

*liquor cerebrospinalis*, zodat ze waarschijnlijk niet eens doordringen in de hersenen.

*Erfelijke factoren* lijken een rol te spelen, omdat vooral bij gevallen waarbij de dementie vroeg, dat wil zeggen voor het 65e jaar, optreedt, familieleden een grotere kans hebben om zelf ook de ziekte van Alzheimer te krijgen dan de gemiddelde populatie. Dit geldt ook voor families waarvan de leden naar verschillende landen emigreerden. Herhaaldelijk is de laatste tijd aangetoond dat het voorkomen van het syndroom van Down (mongoloïde idiotie) in de familie samengaat met een grotere kans op de ziekte van Alzheimer. De neuropathologische kenmerken van de ziekte van Alzheimer worden ook gevonden bij patiënten met het syndroom van Down, echter op veel jongere leeftijd. Dit wijst op de mogelijke betrokkenheid van chromosoom 21, dat bij het Down-syndroom in drievoud voorkomt, bij beide ziekten. Wanneer de ziekte van Alzheimer zich voor het eerst na het 70ste jaar manifesteert, is er echter nauwelijks een verhoogd risico voor familieleden.

Sommige *virussen* kunnen dementie veroorzaken. Dit werd voor het eerst ontdekt in Nieuw-Guinea, waar kannibalisme de manier bleek te zijn waarop een virus werd overgedragen dat tot een vorm van dementie met motorische stoornissen leidde (*kuru*). Een minder exotisch voorbeeld is de ziekte van Creutzfeldt-Jakob en, meer recent, AIDS, waarbij het be-

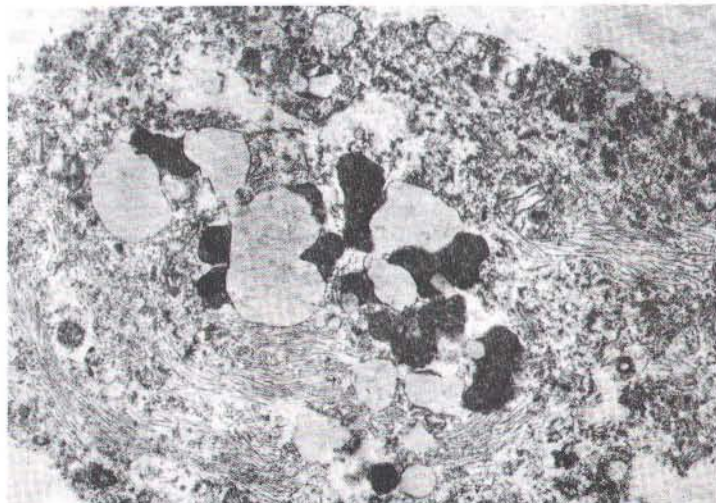
treffende virus kon worden aangetoond in de hersenen van demente patiënten. Wat betreft de ziekte van Alzheimer is een virale oorzaak echter niet zo waarschijnlijk, omdat nog nooit een specifiek virus is aangetoond in de hersenen van Alzheimer-patiënten. Bovendien kan de ziekte niet overgebracht worden door een kleine hoeveelheid hersenweefsel van Alzheimer-patiënten te implanteren in de hersenen van proefdieren. Bij kuru en de ziekte van Creutzfeldt-Jakob is dit wel het geval.

Sinds lange tijd bestaat het vermoeden dat *endocriene factoren* een rol spelen bij het verouderingsproces. Volgens deze gedachtengang is het verminderd functioneren van de hormoon-producerende klieren, de schildklier en testis bijvoorbeeld, voor een deel verantwoordelijk voor het verouderingsproces en de achteruitgang van functies op hoge leeftijd. Eind vorige eeuw bracht dit Brown-Séquard, een beroemde Franse neuroloog, er toe om zichzelf injecties toe te dienen van testis-extracten van verschillende zoogdieren. Hij rapporteerde een snel toegenomen vitaliteit en intellectueel prestatieniveau; zijn reputatie als arts en onderzoeker was hierdoor evenwel geruïneerd! Later werd ontdekt dat endocriene processen gecontroleerd worden door de hypothalamus en de hypofyse. Een causaal verband tussen veranderingen in deze hersenstructuren en de ziekte van Alzheimer is echter nooit aangetoond.

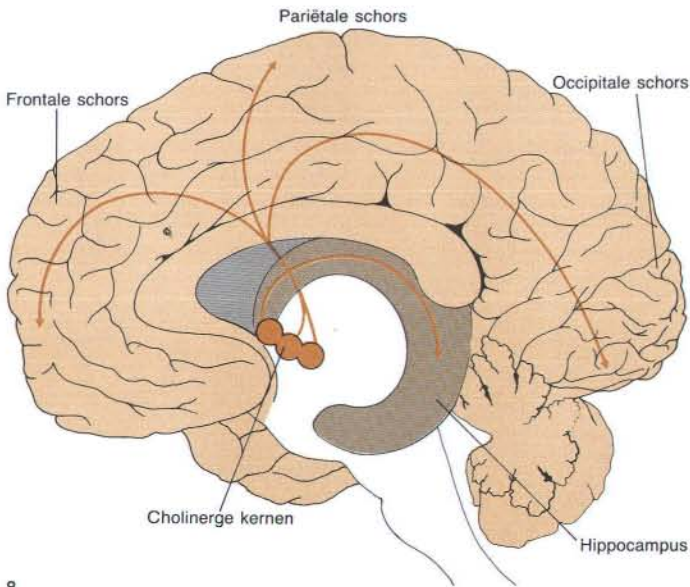
6

6. In deze elektronenmicroscopische opname van een neuron van een Alzheimer-patiënt zijn de degenererende neurofibrillen duidelijk zichtbaar.

7. Op een detail van afbeelding 6 is bij een vergroting van 110 000 maal te zien dat de neurofibrillen bestaan uit twee spiraalsgewijze gewonden eiwitstrengen.







8. Het cholinerge systeem. Dit schema geeft ruwweg de belangrijkste verbindingen in het cholinerge systeem in de hersenen aan. De neuronen in dit systeem liggen voornamelijk in drie kernen aan de hersenbasis. Bij de ziekte van Alzheimer verdwijnen onder andere in dit systeem veel neuronen.

8

### Veranderingen in de hersenen

In de loop van het leven doet zich geleidelijk een aantal veranderingen voor in de hersenen. Zo is al lang bekend dat het totale hersengewicht afneemt met het vorderen van de leeftijd. Na het 80e levensjaar vindt dit verlies van hersenweefsel versneld plaats. Hiertegen is wel

eens als bezwaar naar voren gebracht dat er geen rekening wordt gehouden met de mogelijkheid dat de hersenen van mensen die aan het begin van deze eeuw geboren zijn, altijd al lichter waren, bijvoorbeeld door andere voedingsgewoonten. Maar ook wanneer men het hersenvolume berekent als percentage van de schedelinhoud, dan neemt deze verhouding duidelijk af tijdens veroudering. Dit verschijnsel doet zich in versterkte mate voor bij de ziekte van Alzheimer. Opmerkelijk is dat dit verlies van hersenweefsel niet overal in de hersenen even groot is: zelfs zeer dicht bij elkaar gelegen structuren kunnen een totaal uiteenlopend beeld te zien geven, variërend van geen celverlies tot een verlies van de helft of meer van het oorspronkelijke cel aantal.

Ook aan het neuron zelf zijn veranderingen waar te nemen: de dendrietboom van sommige neuronen in de hersenschors groeit tijdens veroudering. Volgens sommigen moet dit gezien worden als een compensatie voor het verlies van neuronen. Bij de ziekte van Alzheimer zou deze compensatoire groei uiteindelijk falen. Ook dierexperimenteel heeft men aanwijzingen voor groei van de dendrietboom bij volwassen proefdieren: in een verrijkte omgeving, dat wil zeggen een regelmatig wisselende en complexe omgeving voor het proefdier, ziet

7



## Vasopressineneuronen en de ziekte van Alzheimer

Het neuropeptide vasopressine is opgebouwd uit negen aminozuren en wordt onder andere geproduceerd in twee kerngebieden in de hypothalamus (Dufy-Barbe, 1986). Vanuit deze kerngebieden wordt het getransporteerd naar de hypofyse, waar het aan het bloed wordt afgegeven. Dit proces noemt men neurosecretie. Via de bloedbaan bereikt het vasopressine vervolgens de nier, waar het zijn hormonale, anti-diuretische (water vasthoudende) werking uitoefent. Afgezien van deze neurosecretoire kerngebieden komt vasopressine onder andere ook voor in een kerngebied vlak boven de plaats waar de oogzenuwen elkaar kruisen, de Nucleus Suprachiasmaticus (NSC).

Uit proefdieronderzoek is duidelijk geworden dat dit hersengebied essentieel is voor het reguleren van de 24-uurs ritmiek van het organisme. Bij experimentele beschadiging van dit hersengebied is het gedrag van het dier niet meer aangepast aan de afwisseling van licht en donker. Slaap-, eet- en drinkgedrag treden dan op volledig willekeurige momenten van de dag en de nacht op. Omgekeerd vertoont de activiteit van de zenuwcellen van de NSC wanneer ze buiten de hersenen in constant donker worden gekweekt een circadiaan patroon, dat wil zeggen een activiteitspatroon met een fase die dicht bij 24 uur ligt.

II-1. Door kleuring met een antiserum tegen vasopressine kunnen de cellen die dit hormoon produceren zichtbaar gemaakt worden. Deze coupe van de nucleus suprachiasmaticus laat een duidelijke concentratie van deze cellen in een scherp afgegrensd gebied zien.

II-2. Het totale aantal vasopressinecellen in de NSC bij individuele patiënten, onderverdeeld in leeftijdsgroepen van 20 jaar. De balken geven de gemiddelde waarden aan. Let op de afname na het achtigste jaar en de nog sterkere afname bij Alzheimer-patiënten.

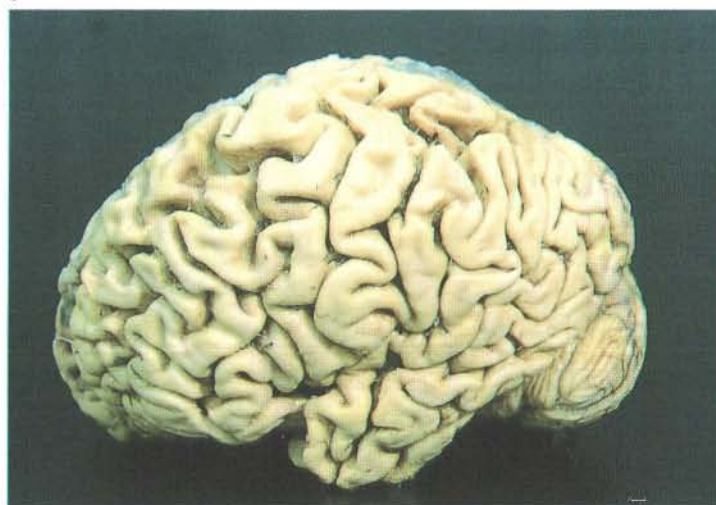


1

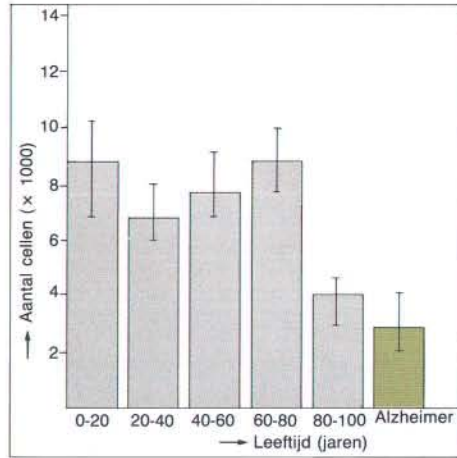
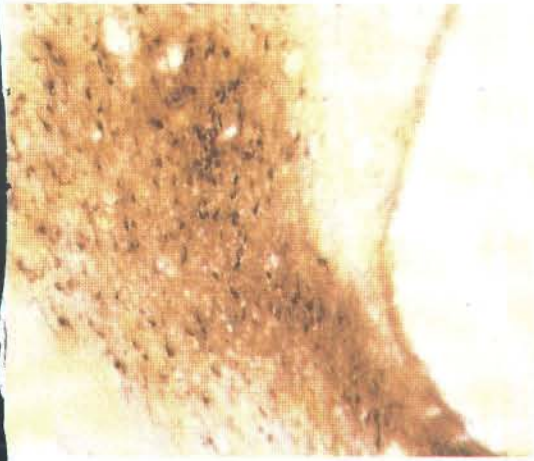
Waarschijnlijk doordat de NSC zo moeilijk is te herkennen met behulp van conventionele kleuringen, werd tot enkele jaren geleden beweerd dat deze kern niet zou voorkomen in de menselijke hersenen. Immunocytochemie, gebruik makend van antilichamen tegen vasopressine, bleek echter een prachtige techniek om de NSC zichtbaar en voor analyse toegankelijk te maken (zie

9. Een macroscopische opname van de hersenen van een Alzheimer-patiënt. In vergelijking tot de normale situatie zijn de ruimten tussen de windingen sterk verbreed.

9







2

afb. 11-2). Er werd een sterk verlies van vasopressinecellen bij de ziekte van Alzheimer gevonden (zie afb. 11-1). Ook het totale aantal cellen in het gebied bleek te zijn afgenomen. Bovendien werd op hoge leeftijd een duidelijke vermindering gezien ten opzichte van jonge personen.

Deze bevindingen geven wellicht een verkla-

ring voor het feit dat 24-uurs ritmen op hoge leeftijd (denk aan het veranderen van slaappatronen; oudere mensen doen dutjes overdag en zijn 's nachts vaak wakker) – en in sterkere mate bij de ziekte van Alzheimer – vaak gestoord zijn. Bovendien wordt deze kern tegenwoordig ook in verband gebracht met het cognitief functioneren.

met bepaalde neuronen reageren met een toename van de lengte van de dendriten.

Het is nauwelijks verwonderlijk dat met al deze morfologische veranderingen in de hersenen ook neurochemische veranderingen voorkomen. Er is veel onderzoek gedaan naar neurotransmitters, de chemische boodschapperstoffen van de neuronen. Vooral is veel aandacht besteed aan het *cholinerge systeem*, waarin acetylcholine, één van de langst bekende neurotransmitters, wordt gesynthetiseerd in neuronen die voornamelijk naar de hersenschors projecteren. Bij Alzheimer-patiënten werd in dit systeem een uitgebreid celverlies gevonden. Omdat beschadigingen van het cholinerge systeem bij proefdieren leiden tot gestoorde geheugenfuncties, werd verondersteld dat het hier gaat om een belangrijke

oorzakelijke factor, vergelijkbaar met de degeneratie van het dopamine systeem, een andere neurotransmitter, bij de ziekte van Parkinson. De geheugenstoornissen bij proefdieren verdwenen echter enige tijd na het aanbrengen van de lesie. Bovendien bleken therapieën, waarbij choline of voorlopers daarvan aan het dieet werden toegevoegd geen grote verbetering op te leveren. Eén van de redenen is dat het cholinerge systeem slechts één van de vele neurotransmittersystemen is waarin degeneratieve veranderingen optreden bij de ziekte van Alzheimer. Grote celverliezen zijn bijvoorbeeld beschreven in noradrenaline-producerende cellen, terwijl ook in peptiderge systemen uitgebreide veranderingen zijn gevonden. Zo bleek in een bepaald vasopressine-bevattende kerngebied bij de ziekte van Alzheimer

uitgebreid celverlies op te treden. Mogelijk houdt dit verband met het gestoorde dag-nacht-ritme waar veel patiënten al in een vroeg stadium last van hebben (zie Intermezzo II).

### Therapie

Op dit moment bestaat er geen enkel geneesmiddel waarmee de ziekte van Alzheimer genezen of vertraagd kan worden. Toch is de lijst van middelen die voor dit doel gebruikt zijn en worden zeer uitgebreid. Aan de andere kant blijkt dat een teveel aan medicijnen juist vaak de oorzaak is van een dementieel ziektebeeld, dat vaak volledig verdwijnt na het staken van de 'therapie'.

Soms werden geneesmiddelen voorgeschreven op grond van een verkeerd idee omtrent de ziekte. Zo werden vaatverwijders gebruikt omdat met er vanuit ging dat vaatvernauwing een belangrijke rol speelde bij het ontstaan van de symptomen. Antistollingstherapie werd toegepast toen men dacht dat kleine bloedstolsels de oorzaak waren van de ziekte van Alzheimer. Later bleek echter dat vaatvernauwing of een gestoorde bloedvoorziening in het algemeen niet de oorzaak is van de ziekte. Ook de 'klas-

sieke' psychofarmaca zijn veel voorgeschreven: de angstremmende, antidepressieve of anti-psychotische middelen. Echter, deze middelen werken niet specifiek tegen dementie en zijn vooral bij ouderen niet ongevaarlijk.

In een latere periode kwamen 'psychogeriatrische' geneesmiddelen op de markt, waarvan men hoopte dat ze specifiek de metabole stoornissen zouden opheffen. Vaak bleken deze middelen achteraf een andere werking te hebben. Zo bleek het vermeende verjongingsmiddel Gerovital H3 een mild antidepressivum te zijn. Desondanks worden nu nog dure reizen naar Roemenië georganiseerd om met dit middel te kuren in het 'verjongingscentrum' van dr. Aslan.

Toen bekend werd dat bij de ziekte van Alzheimer in vele neurotransmittersystemen veranderingen optreden, werd klinisch onderzoek opgezet met als doel het normaliseren van de hersenfunctie door toediening van neurotransmitters of voorlopers (precursors) van deze stoffen. In dit verband heeft acetylcholine de meeste aandacht gekregen. Men probeerde de verloren gegane acetylcholinecellen te vervangen door precursors of afbraakremmers van deze neurotransmitter toe te dienen. De re-

10





sultaten waren teleurstellend. Eén van de redenen voor het geringe succes is ongetwijfeld het grote aantal transmitters dat veranderingen vertoont bij de ziekte van Alzheimer. Echter, zelfs met een 'cocktail' van tientallen transmitters of precursors blijft het zeer twijfelachtig of men op deze wijze verloren gegane neuronen kan vervangen. Immers, de integrerende werking van neuronen krijgt men niet terug door hun boodschappers toe te dienen.

Op dit moment wordt onderzoek verricht naar effecten van de laatst ontdekte groep neurotransmitters, de neuropeptiden. Deze kleine eiwitten kunnen wellicht via trofische (voedende) effecten de cognitieve functies verbeteren. Zo bleken afgeleiden van ACTH de aandacht en motivatie te verbeteren. Een duidelijke verbetering van het geheugen van demente patiënten werd echter niet waargenomen.

### Recente ontwikkelingen

Voorlopig lijkt uitgebreid fundamenteel onderzoek naar de hersenveranderingen bij de ziekte van Alzheimer de enige weg om tot een groter inzicht in het ontstaan en een mogelijke therapie van deze ziekte te komen. De over-

heid heeft hiervoor extra financiële middelen beschikbaar gesteld. Het Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen gaf vorig jaar toestemming voor de organisatie van een hersenbank, gericht op het verzamelen en voor onderzoek beschikbaar maken van hersenmateriaal van Alzheimer-patiënten. Dit is een essentiële voorwaarde voor onderzoek, omdat er geen diermodel voorhanden is voor deze ziekte. Verschillende onderzoeksgroepen maken gebruik van dit hersenweefsel, voor uiteenlopende onderzoeksprojecten. Ook is er een internationale onderzoeksinspanning op dit gebied. Enkele jaren geleden werd 'Eurage' opgericht, een organisatie van onderzoekers uit de EG-landen. De verschillende onderzoeksprogramma's in deze landen kunnen zo optimaal op elkaar afgestemd worden. Bovendien is een uitwisseling van hersenweefsel mogelijk, omdat een aantal landen al over een hersenbank beschikt.

Onlangs werd de Alzheimerstichting opgericht. De bedoeling van deze stichting is om de belangen van patiënten en hun familieleden zo goed mogelijk te behartigen. Ook stelt de Alzheimerstichting zich tot doel wetenschappelijk onderzoek naar de ziekte te stimuleren.

11



10 en 11. De toenemende vergrijzing van de bevolking zal ongetwijfeld leiden tot een toename van het aantal demente bejaarden. Dit vergroot de behoefte aan allerlei voorzieningen om deze mensen menswaardig op te vangen en aan onderzoek om hun kwaal onder de knie te krijgen.

### Literatuur

- Stam FC, Dementieën. 1978, Arnhem: CIBA-GEIGY.  
 Knook DL, Goedhard WJA, Dementie en Hersenveroudering, 1981, Alphen a/d Rijn: Stafleu.  
 Swaab DF, *et al.* Aging of the Brain and Alzheimer's disease. Progress in Brain Research, vol. 70. Amsterdam: Elsevier, 1986.  
 Dufy-Barbe L. De hypothalamus - Hormonen regelen hormonen. Natuur & Techniek, 1986; 54, 3, pag. 186-201.

### Bronvermelding illustraties

- R. van Rijn/Teylers Museum, Haarlem: opening.  
 Dr Helen Grant, Charing Cross Hospital, Londen: 1.  
 CNRI, Parijs: 2.  
 Frédérique Joliot, Orsay: 1-1.  
 E. McGeer, University of British Columbia, Vancouver: 1-2.  
 Dennis J. Selkoe, Harvard University: 6 en 7.  
 Jan van Veen/Hollandse Hoogte, Amsterdam: 10 en 11.

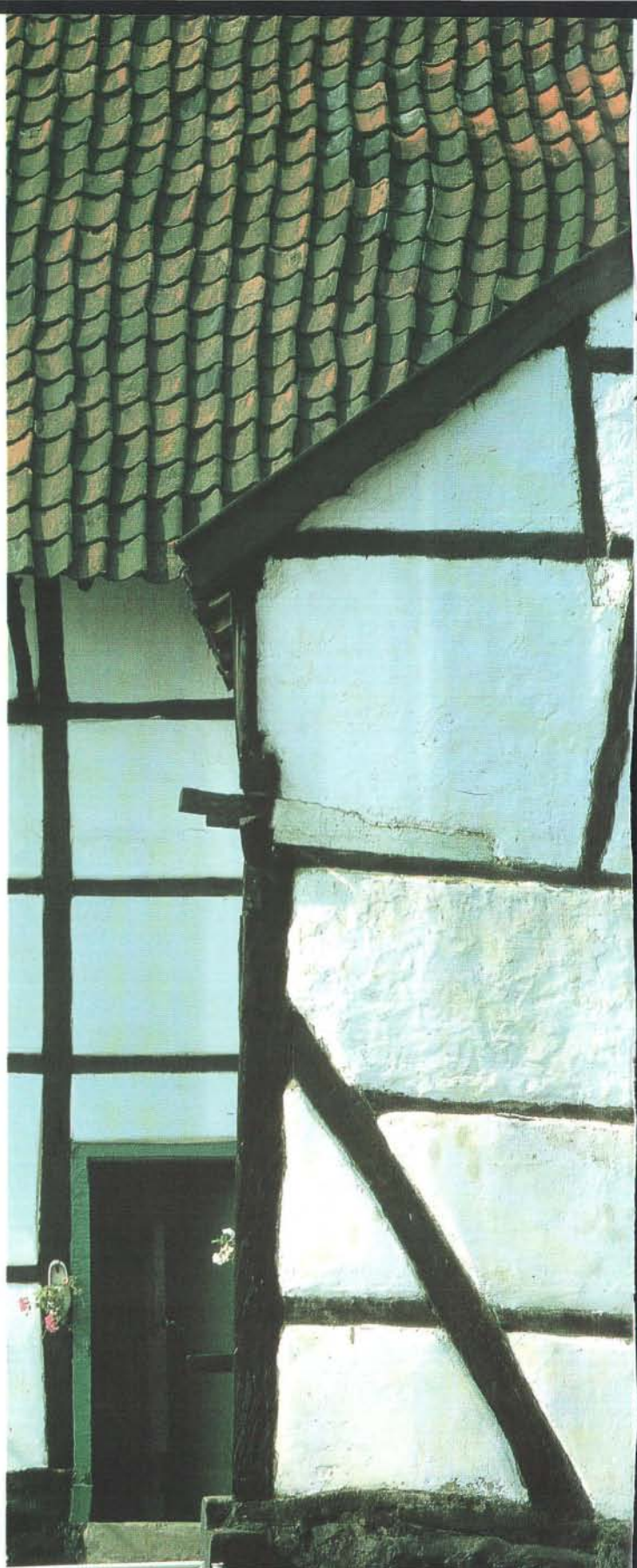


# HOUT SKELET BOUW

De Nederlandse term 'vakwerk' lijkt een letterlijke vertaling van het hoogduitse 'Fachwerk'. Het is een bouwwijze die bestaat uit rechthoekige, witgekalkte vakken, omlijst door een raam van zwartgeteerd houtwerk. Net zo min als de definitie van een visnet, zijnde een verzameling gaten, bijeengehouden door touwtjes, zinnig valt te noemen, is de term vakwerk zinnig. Een betere term is 'houtskeletbouw'.

We stellen ons dan een geraamte van houten balken voor, plaatselijk dichtgemaakt door vlakken isolerend materiaal zonder dragende functie.

Houtskeletbouw was gedurende vele eeuwen in Europa de traditionele bouwwijze. In een ander opzicht is het wel vakwerk: in de betekenis van een ingenieus, eenvoudig, functioneel en ecologisch verantwoord systeem van bouwen, dat ook nu nog verwondering en bewondering afdwingt.





The background of the entire page is a painting of a half-timbered house. The roof is covered in dark green and brown tiles. The walls are white with dark brown timber framing. The painting has a textured, almost impasto quality.

# Vakwerk in vakwerk

Deze schuur bij een vakwerkhuis in Reijmerstok in de Nederlandse provincie Zuid-Limburg is een voorbeeld van het geknutsel dat dikwijls aan vakwerkhuisen plaatsvond: de bovenkant van de schuur is later bijgebouwd, op een wijze die eerder aan de tand des tijds ten prooi zal vallen dan het steviger geraamte van de rest van het huis.

**H.P.M. Hillegers**  
Meerssen



De houtskeletbouw is een traditionele bouwwijze, die eeuwenlang grote delen van Europa gedomineerd heeft - en dit nog altijd doet in bepaalde delen van Duitsland en Engeland - maar momenteel geheel in onbruik is geraakt. In heel Nederland was de houtskeletbouw nog tijdens de Middeleeuwen, en plaatselijk ook daarna, de traditionele bouwwijze. Zij is het eerst bij grote gebouwen en in steden, in verband met brandgevaar, langzaam vervangen door steenconstructies. In het oosten, maar vooral in het zuiden van het Nederlandse taalgebied, met name in de Belgische en Nederlandse provincie Limburg is de houtskeletbouw op het platteland nog beoefend tot het einde van de vorige eeuw, tegenwoordig beheersen slechts specialisten dit vak.

Er gaat een grote charme uit van deze traditionele, met het landschap verweven bouwsels, waarvoor, vooral bij particulieren, nieuwe belangstelling ontstond. Die belangstelling en studie richt zich vooral op de natuur en de techniek van het systeem en resulteerde in een herontdekking en een herwaardering voor deze oecologisch verantwoorde bouwwijze.

### Ecologisch verantwoord

De ecologie bestudeert de ingewikkelde betrekkingen tussen enerzijds organismen en anderzijds het milieu waarin deze organismen zich

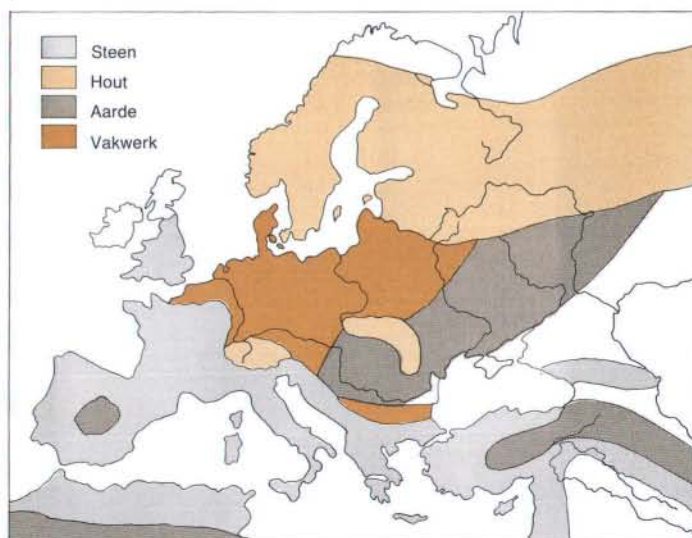
bevinden. Een bouwsel is weliswaar geen levend wezen, maar kan zozeer door bouwers, bewoners, materiaal, vorm en plaats betrokken zijn binnen het milieu dat er gesproken kan worden van een bepaalde graad van aangepast zijn van het bouwsel aan zijn milieu. Moderne flats van beton, glas en staal vertonen een minimale graad van aanpassing; overal ter wereld is hun constructie vrijwel identiek. Het omgekeerde geldt echter voor de traditionele houtskeletbouw, die varieert met de streek waar gebouwd werd.

Op de eerste plaats is er een duidelijke relatie met de geografische verspreiding, die zich beperkt tot de centrale en westelijke delen van Europa, een gebied, overeenkomend met het natuurlijk areaal van de zomer- en wintereik, boomsoorten die vanouds het bouw materiaal leveren voor het skelet. In het noorden en oosten van Europa, daar waar rechtstammig naaldhout in overvloed aanwezig was, overheerste het 'blokhuis', een bouwsel vervaardigd van horizontaal op elkaar liggende boomstammen. In het bosarme en aan natuursteen rijke Zuid-Europa waren stenen huizen traditioneel.

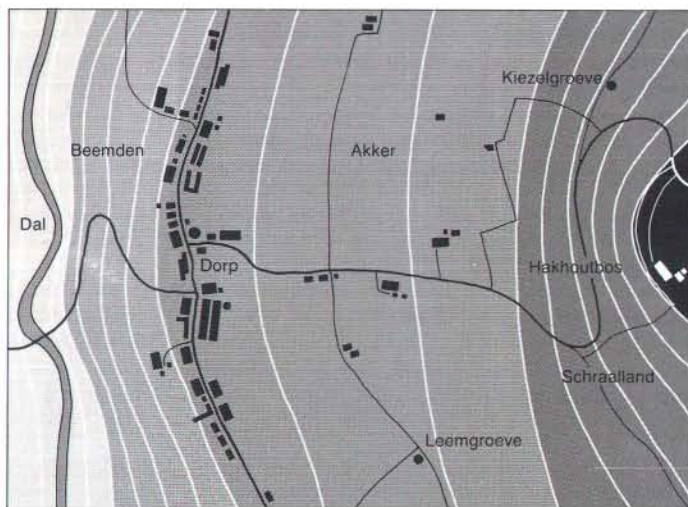
In tegenstelling tot huizen van beton, glas en staal, is het bouw materiaal voor een vakwerkhuis uit diens onmiddellijke omgeving te betrekken. Het hout voor het skelet en het vlechtwerk van de wanden stamt uit het bos,

1. Het gebruik van verschillende bouwmaterialen in Europa vindt zijn oorsprong in de beschikbaarheid van natuurlijke grondstoffen. In de Scandinavische landen bouwde men met hout. De rotsige bodems van het mediterrane gebied leverden genoeg stenen om de huizen helemaal van steen op te trekken. In Midden-Europa bouwde men in vakwerk, met hout en aarde, of men maakte woningen uitsluitend met klei.

1







2

2. In het oude dorp was het bouw materiaal voor vakwerkhuisen in de directe omgeving voorhanden. Hout voor het geraamte haalde men uit het bos. Leem kwam uit de leemgroeve buiten het dorp. Stenen voor het fundament vond men in de kiezelgroeve aan de rand van het plateau. Het vee leverde de organische bestanddelen voor het mengsel waarmee men de vakken vulde. Het stro kwam van de akkers.

3. De allerlaatste levensfase voor een onderdeel van het frame van een vakwerkhuis: rottend als afrasteringspaal.

leem uit de uitgegraven kelderruimte of de lokale leemgroeve, terwijl de akkers het roggestro voor de dakbedekking en de wandisolatie leveren.

De vakwerkbouw sluit dus nauw aan bij de zichzelf voorzienende *agro-pastorale* dorpsgemeenschap, die gedurende vele eeuwen in Europa toonaangevend was. Vanaf het hofstelsel tot aan het begin van de industriële revolutie bestond het plattelandsmilieu van dit werelddeel uit vele duizenden, min of meer harmonieuze en stabiele ecosystemen, die zichzelf in stand hielden. Het in Nederland zo bekende model van het Drentse esdorp, door ecologen vaak geprezen, geldt in principe voor alle agrarische nederzettingen uit die periode. Het principe van het nuttig rendement van energie en materiaal, zo karakteristiek voor uitgebalancierte ecosystemen, geldt ook voor vakwerkconstructies; slechts een handvol instrumenten waaronder enkele typen zagen, beitels, bijlen en boren van ijzer, vormde het simpele, maar uiterst doelmatige handgereedschap van de 'raammaker', die de functie van architect, aannemer en uitvoerder in zich verenigde. De bouwheer, zijn gezin, vee en geburen verleenden assistentie bij het kneden van de leem, het richten van de gebinten en het vullen der vakken.

Een ander principe van elk ecosysteem staat bekend onder de term *recycling* of hergebruik van onderdelen of van het geheel. In dit op-

3



zicht verschilt de vakwerkbouw sterk van de betonbouw. Vakwerkhuisen zijn demonteerbaar, verplaatsbaar en aanpasbaar. Middeleeuwse rechtsbronnen spreken van deze huizen als van roerend goed, terwijl iedereen een huis tegenwoordig als onroerend goed beschouwt. De nog bestaande vakwerkhuisen geven blijk van tientallen reparaties, verbouwingen en veranderingen, vaak zo ingewikkeld dat de oorspronkelijke bouw nauwelijks meer te herkennen valt. En als het skelet dan eindelijk slooprijp geworden is, kan het zwaardere hout nog altijd hergebruikt worden in een ander vakwerkhuis, als afrasteringspaal benut worden, of in de haard opgestookt. Tenslotte is er nog een voorbeeld van de houtskeletbouw als ecosysteem dat kan aantonen hoe nauw verweven deze bouwtrant was met zijn milieu, namelijk zijn regionaliteit.







## Regionale verschillen

Plaatselijke verschillen in de traditie van de houtskeletbouw moeten niet gezien worden als architecturale uitingen van plaatselijke bouwmeesters of modegrillen van rijke opdrachtgevers, maar veeleer als functionele aanpassingen aan plaatselijke omstandigheden, die de levensduur van het bouwsel aanzienlijk verlengen. Dit is zeker het geval voor het merkwaardig lijkende stijlverschil tussen Atlantische en continentale vakwerkhuisen. In Engeland, Normandië, vroeger ook in Vlaanderen en Noordwest-Nederland, ziet men vakwerkhuisen, die alleen maar uit verticaal verlopende stijlen opgebouwd lijken. De horizontaal verlopende regels zijn echter wel degelijk aanwezig, maar aan de buitenzijde van de wand on-

zichtbaar omdat ze bedekt zijn met de leemstrolaag. Langs de Noordzeekust, met hoge neerslagcijfers en frequent voorkomende slagregens, zijn de vakken van het vakwerk hoog en smal, in het binnenland van Europa, met geringere neerslag per jaar, kort en breed, doordat de regels ook aan de buitenzijde van de wand te zien zijn. Het verschil hangt samen met de invloed van slagregens: van het hoge vak kan het water ongehinderd naar beneden afvloeien, op het brede vak wordt de afloop van de regen gehinderd door de kieren tussen leem en regel. De regen dringt daar naar binnen en kan na jaren de regel doen rotten.

Een tweede gegeven, verband houdend met het volume en de constructie van het dak ten opzichte van de onderbouw, wijst eveneens in de richting van een functionele, regionaal bepaalde aanpassing. De oorspronkelijke dakbedekking van vakwerkhuisen bestond uit langstengelig roggestro of uit het duurzamere riet. Beide materialen zijn bijzonder warmte-isolerend. Wie zich Drentse boerderijen voor de geest haalt, kan zich goed voorstellen dat het 's winters aangenaam toeven is onder een dergelijke strooien muts. De houtconstructie van het dak van een noordelijk vakwerkhuis bestaat uit paarsgewijs - via de hanebalk - verbonden daksparren. Een serie gekoppelde daksparren, in de vorm van achter elkaar geplaatste hoofdletters A, waar een nokbalk ont-

4. Vakwerkconstructies bestonden al voor de Middeleeuwen. Overgeleverd zijn de bouwwerken niet, vooral omdat ze nog met de palen in de grond gebouwd werden (de stal) of op een eenvoudig voetraam (het huis). Deze plaat begeleidt de maand februari in het getijdeboek van Duc de Berry, een vroeg vijftiende eeuws handschrift.

5. Steeds hoger bouwde men de funderende muur van de vakwerkhuisen, wat een grotere duurzaamheid geeft.

6. Vakwerkstadshuisen zijn in onze streken zeldzaam omdat in de zestiende of zeventiende eeuw alle gevels van steen moesten zijn. De gevel van dit Sittardse huisje is dan ook 'teruggerestaureerd'.

5



6





breekt, vormt de steun van het stro(riet)dak. De beide kopse kanten van het dak zijn verlengd, waardoor het geheel een afgeronde, aerodynamisch verantwoorde vorm verkrijgt. Bij het zuidelijk vakwerkhuis is het dak, ook visueel, minder massief; er zijn geen sparren, maar minder zware kepers, een nokbalk en -meestal - geen afgeschuinde zijdaken. Omdat het dakoppervlak betrekkelijk gering is, domineert de onderbouw van zuidelijke vakwerkhuisen meer dan die van het noordelijke type.

Eén en ander lijkt een aanpassing aan het lokale klimaat. Compacte, goed geïsoleerde en aerodynamisch aangepaste huizen vinden we in langdurig koude en winderige gebieden. Kleinere gebouwen met een geringer dakop-

pervlak staan in een gebied met hete zomers en korte, strenge winters, minder neerslag in de vorm van regen en minder wind. Ook op kleinere schaal manifesteren zich regionale verschillen; in gebieden met een diameter van nauwelijks 30 km, zoals het zuidelijke deel van de Nederlandse provincie Limburg, komen 'Eifelse' vakwerkhuisen voor die opvallen door hun asymmetrische daken en de daarmee gepaard gaande verschillen in de onderbouw. De dakhelft met het grootste oppervlak is dan naar de overheersende zuidwestenwind gericht, die in het aan de Eifel grenzende deel van Zuid-Limburg gemiddeld bijna tweemaal zoveel regen brengt als in het relatief droge Maasdal, hoogstens 30 km verder.

7



8



9





### De evolutie van de houtskeletbouw

7. Ongeschoorde vakwerkhuisen hielden het wel een tijdje uit als ze maar tegen iets stevigs, in dit geval de schouw, werden gebouwd. Dat was het enige onderdeel dat nog enigszins recht stond toen deze foto van een 'keuterij' te Ruurlo rond 1910 werd genomen.

8. 'Atlantische' typen vakwerkhuisen hebben smalle hoge vakken om het regenwater, niet gehinderd door uitwendige regels, snel af te laten vloeien. Men gebruikte veel stijlen omdat het hout in de kustgebieden van mindere kwaliteit was.

9. Vakwerkbouw was niet altijd een teken van armoede. In Duitsland wist men er imposante bouwwerken mee te maken. Hier de binnenplaats van kasteel Bevern bij Holzminden. Het slot stamt uit het begin van de zeventiende eeuw.

Er zijn uiteraard enorme constructieverschillen tussen de eenvoudige hutten in vakwerktechniek, die hoogstens een mensenleeftijd stand hielden en de ingenieuze, complexe, vier tot vijf verdiepingen hoge stadshuizen uit de Middeleeuwen, die gemakkelijk enkele eeuwen kunnen trotseren. De houtskeletbouw heeft in de loop der tijden een technische evolutie doorgemaakt, waarvan enkele belangrijke aspecten hieronder belicht worden. De belangrijkste vernieuwing, die de gemiddelde levensduur van een vakwerkconstructie aanzienlijk heeft verlengd, is de introductie geweest van een voetraam, een horizontaal gelegen houten



rechthoek waarin alle verticaal geplaatste stijlen worden ingelaten. Voordien plaatsten de bouwers alle stijlen in de vochtige grond. Zelfs eikehout is daar op de lange duur niet tegen bestand. Een fundament van een rij stenen beschermt het daarop liggend voetraam tegen optrekkend vocht. Bovendien komen de kopse kanten van de balken waaruit het voetraam is samengesteld niet in contact met bodemwater; de binnenste houtvezels blijven daardoor droog en schimmelvrij. In de evolutie van de houtskeletbouw is de voortdurende ophoging van het voetraam, of de verticale groei van het fundament, een duidelijke tendens: er zijn voorbeelden van vakwerkhuisen uit de laatste fase van die techniek, waarbij slechts de bo-

10 en 11. De verticale roeden van het vlechtsel dat de stevigheid aan het vakvulsel geeft steken van boven in een gat (10). Hun onderkant wordt bij de bouw passend horizontaal geklemd in een gleuf in de regel (11).

12. De liplas en de pen-en-gat-verbinding zijn de houtverbindingen waarmee in principe ieder huis stevig neergezet kan worden. Een pen-en-gat-verbinding is vooral zeer stevig wanneer de onderdelen zo geconstrueerd zijn, dat de toognagel de pen nog iets in het gat moet trekken, wanneer hij bevestigd wordt.

13 en 14. Met een leem-stro-mengsel dicht men een vakwerkmuur uiteindelijk af. Op de foto's een verse muur van een oud vakwerkhuis in Terziet (Zuid-Limburg) dat ingrijpend gerenoveerd wordt. De buitenkant van deze muur is al 'beworpen', de binnenkant wacht nog een behandeling. 13 toont de nog onaffe binnenmuur, 14 de inmiddels gladde buitenmuur. Overigens is op afbeelding 13 het hergebruik van een oude stijl te zien. De stijl heeft ruimte voor een pen-en-gat-verbinding die niet meer gebruikt zal worden.

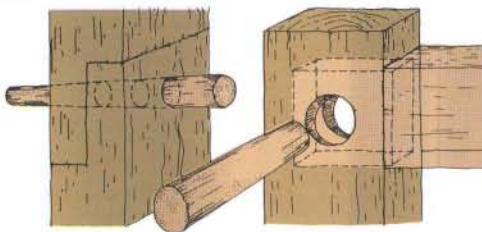
10



11



12

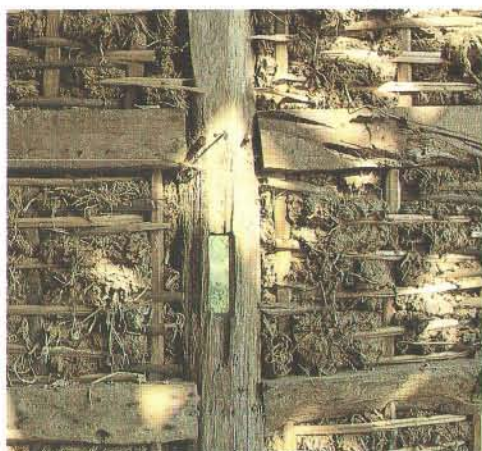


venste helft van het bouwsel nog uit vakwerk bestaat.

Een tweede tendens, die pas optreedt lang na de Middeleeuwen, is een versnelde verandering van de gebruikte houtsoort. Vóór de achttiende eeuw was alle constructiehout afkomstig van de eik, waarvan het hout, zoals bekend, zich niet alleen gemakkelijk laat bewerken maar tevens sterk en relatief vochtbestendig is. Nadien werd, in Zuid-Limburg althans, ook olme hout gebruikt. In de negentiende eeuw blijkt de es favoriet; hoewel zeer taai en hard, is esenhout weinig vochtbestendig. Er zijn diverse voorbeelden van laat negentiende eeuwse vakwerkhuisen in Zuid-Limburg aan te wijzen die geheel uit esenhout zijn opgetrokken, behalve het voetraam dat uit vochtresistenter kerse hout bestaat. In de eindfase van de vakwerktechniek wordt zelfs het zeer inferieure hout van de Canadese populier benut.

Andere tendenzen in de evolutie van de vakwerktechniek zijn het langzaam maar zeker verdwijnen van de houten windverstijvings-



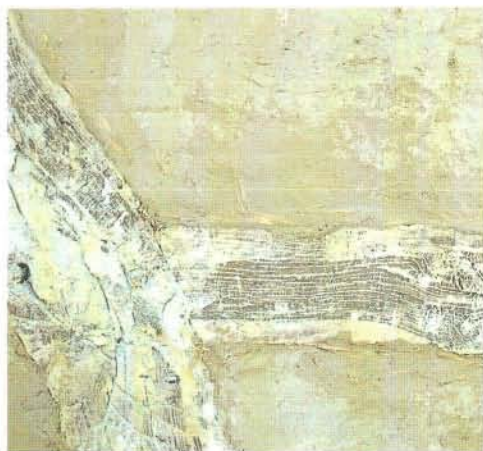


13

elementen en de oppervlaktevergroting van elk vak. Het laatste is, begrijpelijk, het gevolg van het steeds duurder worden van het constructiehout. Het aantal regels, stijlen, moerbalken en hun dikten worden daarom tot een minimum beperkt. Een volledig houten skelet moet om niet windscheef te worden als gevolg van een vrij permanente zijdelingse winddruk, voorzien worden van andreas-kruisen, schoren of andere houten elementen. Deze, voor het Middeleeuwse vakwerk zo typische windverstijvingselementen kunnen vervallen door het skelet tegen iets anders stevigs aan te bouwen, bijvoorbeeld een massieve van steen gebouwde haardschoorsteen of een stenen kopgevel.

### Liplassen en schoren

De meest elementaire houtverbindingen uit de houtskeletbouw zijn de *liplas* en de *pen-en-gat-verbinding*. Met behulp van een liplas kunnen twee lijnvormige elementen in elkaars verlengde worden verbonden; de halfhoutse uiteinden worden met een *toognagel* op en aan elkaar geklonken. Met behulp van een pen-en-gat kunnen twee elementen dwars worden verbonden; in het ene element wordt een gat gehakt of geboord, aan het andere komt een daarin passend uitsteeksel: de pen. Beide worden aan, of liever in elkaar bevestigd door een toognagel. Hoewel beide verbindingen wezenlijk verschillen, berust de uitvoering ervan op het maken van gaten en pennen en het vervaardigen van toognagels, een techniek die al uit de vroege



14

Prehistorie bekend is omdat voorbeelden ervan door de conserverende werking van zuur veenwater in situ bewaard zijn gebleven.

De pen-en-gat-verbinding is, vooral bij toepassing van een slim trucje, een perfecte verbinding die menige gelijmde houtverbinding verre overtreft. De plaats van het boorgat voor de toognagel in het ene element hoort namelijk niet exact te corresponderen met het boorgat in het andere element, maar ligt enkele mm excentrisch daarvan. Door nu de houten toognagel, iets taps toelopend en van gespleten en gedroogd eikehout vervaardigd, krachtig door beide boorgaten heen te slaan, trekt de bouwer de pen in het gat, wat de stevigheid van de verbinding ten goede komt. Een ander trucje, ook stoelenmakers bekend, berust op het gegeven dat vers (nat) hout meer krimpt dan droog hout. De makers van de bekende Staphorster- en Oirschotse stoelen gebruikten vers hout voor de stijlen en droog hout voor de spijltjes. Na enige tijd krimpt de stijl en omsluit zo de spijltjes in een krachtige 'houtgreep', die lijm overbodig maakt. Ook de raammaker was met dit gegeven vertrouwd. De dorpspoel of de buitenlucht speelde een rol bij het vochtig houden van de gat-dragende elementen van het skelet.

De ruimte tussen de verticale skeletdelen, de wand (inderdaad, die term komt van winden, vlechten), heeft primair een isolerende functie. De stevigheidsfuncties worden immers verzorgd door het houten skelet. Vanouds vervulde een leem-stro-mengsel, gesmeerd op een ge-



## Timmermanstekens

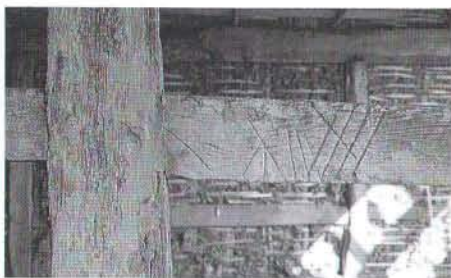
De gebinten (spanten) van een te bouwen vakwerkhuis werden door de timmerman op een horizontale werkvloer uitgelegd, passend gemaakt en voorlopig in elkaar gezet. Pas later werd het totale skelet, spant voor spant gericht. Elk los element had zijn eigen plaats binnen het gehele skelet en moest als zodanig daarbuiten herkenbaar zijn. In die functie voorzag het timmermanstekens.

Er zijn diverse typen bekend, afhankelijk van het gebruikte werktuig (een rechte beitel, guts of ritsmes), de plaats (voorkant, zijkant van stijlen of regels), de coderingswijze (Romeinse of Arabische cijfers, hoofdletters of andere systemen). Een heel eenvoudig systeem komt voor op een vakwerkstal uit de vorige eeuw te Cadier en Keer, waarvan de kopse gevels niet uit vakwerk bestaan. Elke stijl draagt aan de buitenzijde op ongeveer 40 cm vanaf het voetraam een Romeins cijfer, dat met een brede beitel werd ingehakt, lopend van I tot en met XII. Ook de regels zijn voorzien van Romeinse cijfers, corresponderend

met één der stijlen. Omdat er tussen twee stijlen vier regels passen, die allen hetzelfde teken dragen, is hier nog een teken aan toegevoegd, dat de volgorde van beneden naar boven bepaalt. De onderste regel draagt halverwege aan de buitenkant een omgekeerd V-vormig teken, eveneens met een brede beitel ingehakt. De volgende regel draagt op de analoge plaats dezelfde omgekeerde V, maar met daarin het Romeinse cijfer I, de daaropvolgende regel de aanduiding II en de bovenste regel de aanduiding III. Vele malen ingewikkelder zijn dikwijls de timmermanstekens, die voorkomen op de houten elementen van kapspanten uit kerken, kloosters en kastelen. Er bestonden verschillende systemen, die plaats- en tijdgebonden waren.

Timmermanstekens zouden een belangrijke rol kunnen spelen bij de datering van een bouw- of bij de reconstructie van de oorspronkelijke toestand daarvan. Het is echter bijzonder jammer dat daar zo weinig onderzoek naar is gedaan.

1



I-1. Een fors timmermanstekens op een regel van een tussengevelelement.

I-2. De geraamten van vakwerkhuisen zette men op de timmerwerkplaats voorlopig in elkaar. Men voorzag de onderdelen van kenmerken voor de plaats in de constructie en vervoerde ze dan naar de bouwplaats. De foto uit 1910 toont een Duitse werkplaats.

I-3. Door alle tijden heen zijn timmermanstekens in gebruik geweest. Hier een overzicht van enkele Middeleeuwse systemen uit Nederland en Vlaanderen, die zijn aangetroffen in kerken, kloosters en kastelen.

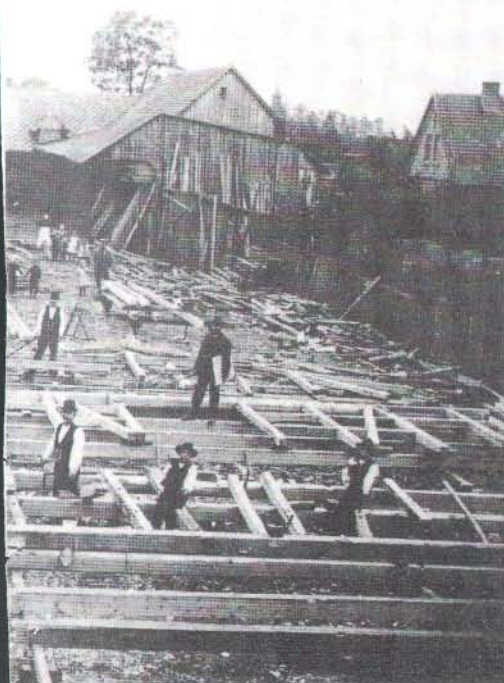
2





	Grond- systeem	Met richtingsteken ± 14 <sup>e</sup> eeuw	Gebroken merken ± 15 <sup>e</sup> eeuw	Vlaanderen ZW Nederland 14 <sup>e</sup> -16 <sup>e</sup> eeuw
1	I	I	I	I
2	II	II	II	II
3	III	III	III	III
4	III	III	III	III
5	A of X	A	A	A
6	IA, IV, X	A	A	A
7	II	II	II	II
8	III	III	III	III
9	III	III	III	III
10	X	X	X	X
11	X	X	X	X
12	II	II	II	II
13	X	X	X	X
14	X	X	X	X
15	X	X	X	X
16	X	X	X	X
17	X	X	X	X
18	X	X	X	X
19	X	X	X	X
20	X	X	X	X
21	X	X	X	X
22	X	X	X	X
23	X	X	X	X
24	X	X	X	X
25	X	X	X	X
26	X	X	X	X
27	X	X	X	X
28	X	X	X	X
29	X	X	X	X
30	X	X	X	X
31	X	X	X	X
32	X	X	X	X
33	X	X	X	X
34	X	X	X	X
35	X	X	X	X
36	X	X	X	X
37	X	X	X	X
38	X	X	X	X
39	X	X	X	X
40	X	X	X	X
41	X	X	X	X
42	X	X	X	X
43	X	X	X	X
44	X	X	X	X
45	X	X	X	X
46	X	X	X	X
47	X	X	X	X
48	X	X	X	X
49	X	X	X	X
50	X	X	X	X
51	X	X	X	X
52	X	X	X	X
53	X	X	X	X
54	X	X	X	X
55	X	X	X	X
56	X	X	X	X
57	X	X	X	X
58	X	X	X	X
59	X	X	X	X
60	X	X	X	X

3



wonden takkenstaketsel, deze isolatiefunctie. Het materiaal is zeer goedkoop en bijzonder functioneel: een lemen wand ter dikte van 8 cm heeft dezelfde isolerende waarde als een baksteenmuur ter dikte van 30 cm.

De drie wandelementen vlechtwerk, stro en leem kunnen met diverse methoden verwerkt worden. De meest toegepaste bestaat uit het met een leemmengsel besmeren van een houten vlechtwerk. De verticale roeden van dat vlechtwerk bestaan uit bezemsteeldikke takken, vastgeklemd in het houten skelet door middel van een ingelaten boorgat aan de bovenzijde en een V-vormige gleuf in de onderzijde. Het horizontale vlechtwerk bestaat uit buigzame twijgen die men tussen de staande roeden vlecht. Een minder bekende methode berust op het vlechten van een stroband tussen de roeden, die vervolgens ook bedekt wordt met een pasta van leem en stro. Speciaal voor wanden die sterk bloot staan aan slagregens, de zuidwest kant van het gebouw, gebruikte men een ander systeem, waarbij strobundeltjes gestapeld worden tussen de roeden, op zo'n manier dat de uiteinden van de strobundels schuin naar beneden buiten de leemlaag steken. Ze vangen het regenwater op en voeren het naar beneden af. De wand krijgt daardoor een harig uiterlijk.

De gewoonlijk toegepaste wand bestond uit een vlechtwerk, aan beide zijden 'beworpen' met een nog plastische laag van een stro-leem-urine-mengsel, vlak aangesmeerd en tenslotte aangestroken met een dunne afwerklaag zonder stro maar met (paarde)haar. Aan het leem-mengsel werd - volgens mondelinge overlevering - vaak nog ander organisch materiaal toegevoegd zoals runderbloed ('ossebloed') of ontroomde melk ('ondermelk'). Dergelijke producten, waaronder ook eigeel en eiwit, speelden destijds een rol bij de bereiding van verfstoffen. De hierin aanwezige eiwitten zouden de leemlaag ook iets taaier gemaakt kunnen hebben.

Tijdens de laatste fasen van de vakwerkbouw liet men het vlechtwerk weg. De lemen wand verving men door een muur van door de zon gedroogde leemblokjes, die in een nog latere fase vervangen werden door bakstenen, met specie aaneengekit. Om de hechting tussen muur en houten raamwerk te realiseren (specie hecht zich niet aan hout), sloeg men ijzeren spijkers tussen de baksteenlagen in het houten raam. Desondanks blijft een kier tussen muur

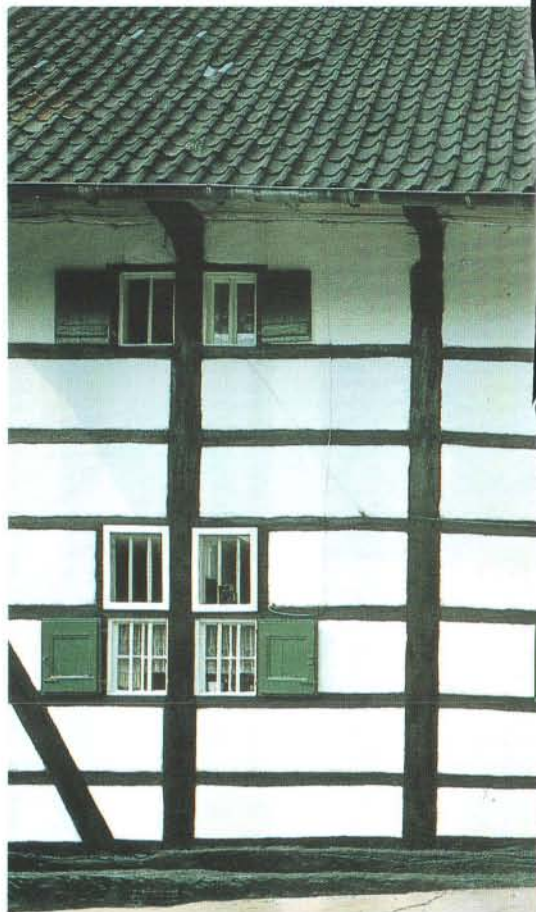
## De evolutie van het kruisvenster

Technieken en materialen uit de steenbouw drongen langzaam maar zeker door in de hout-skeletbouw om deze uiteindelijk geheel te verdringen. Omgekeerd heeft echter ook de timmerman de bouwwijze van de metselaar beïnvloed. Een voorbeeld daarvan is het kruisvenster, van oorsprong een functioneel onderdeel van de houtskeletbouw, dat aanvankelijk in zijn geheel werd overgenomen door de bouwer in steen en pas eeuwen later volledig werd aangepast in die bouwtrant.

Slechts één lichtopening voorzag het woonvertrek van een middeleeuws vakwerkhuis van een schemerig licht. Dit was het kruisvenster, zo genoemd omdat de binnenvallende lichtbundel onderbroken werd door een kruis, gevormd door de schaduw van een verticale stijl en horizontale regels. De onderste openingen werden 's nachts of bij guur weer gesloten door een tweetal luiken, de bovenste waren voorzien van glas-inlood ruitjes en van minstens één diefijzer, een ijzeren staaf die de regel doorboorde en bedoeld was om insluip te voorkomen. De beide luiken werden van binnenuit vergrendeld.

Dit functionele geheel werd in de steenbouw aanvankelijk in zijn geheel overgenomen, later, met name in de renaissance, werd het houten venster geheel in steen gekopieerd. Zelfs allerlei details, als de luikspinningen, de diefijzerdoorboringen en de duimgaten voor de scharnieren van de blinden werden in de steenbouw overgenomen. Later verwijderde men uit veel kruisvensters het stenen kruis om grotere vensters te verkrijgen. Aan de hand van allerlei achterblijvende details laat de oorspronkelijke vorm zich echter meestal reconstrueren, wat men bij verantwoorde restauraties dan ook doet.

De strenge symmetrie van reeksen kruisvensters verleent de Maastrandse renaissancehuizen een aparte allure. Ook werden daar 'halve' kruisvensters toegepast, ook wel tussendorpelvensters geheten vanwege het feit dat de hoge, smalle lichtopening halverwege werd onderbroken door een natuurstenen balk of dorpel. Pas gedurende de late achttiende en negentiende eeuw werd het stenen geheel, onder andere in verband met de hoge kosten daarvan, vervangen door een houten kozijn dat in het metselwerk werd opgenomen en van buiten nauwelijks meer zichtbaar was. Alleen de vensterdorpel werd nog in natuursteen uitgevoerd, de betonbouw maakte tenslotte ook het gebruik van dit natuurlijk materiaal overbodig.



1



2





II-1. Een bijna origineel kruisvenster heeft dit huis uit Mamelis bij Vaals: alleen de glas-in-lood raampjes in de bovenste twee vensters in het kruis ontbreken. Het kruisvenster werd om stijl en regels heengebouwd. Originele kruisvensters treft men niet veel meer aan in vakwerkhuisen. Meestal zijn ze later vervangen door grotere ramen, waarbij delen van de regels sneuvelden.

II-2. De kruisvensters zijn in de steenbouw overgenomen. Bij dit huis in Maastricht is het linker paar vensters duidelijk een kruisvenster. De gewoonte om de kruisen op gegeven moment uit te breken is ook hier gevolgd, maar bij een restauratie is de oorspronkelijke toestand weer enigszins hersteld. Het steen van de kruisen is nieuw. Luiken ontbreken echter.

II-3. Aanvankelijk is het kruisvenster in de steenbouw ook wel in hout uitgevoerd. Boven het venster was dan versterkende bouw nodig. Hier in de vorm van twee gemetselde ontlastingsboogjes.

II-4. Een kruisvenster dat bij een restauratie bijna in zijn originele staat is teruggebracht. Het steen van het kruis is ook hier nieuw. De metalen klamp in de bovendorpel is hier niet meer functioneel: de stijl van het kruis heeft weer een dragende functie. De klamp is waarschijnlijk aangebracht toen het kruis indertijd verwijderd werd.

3



4



en raam bestaan, waardoor water kan binnendringen. Bovendien absorbeert een baksteenwand meer water dan een lemen wand, waardoor het houten raam langer vochtig blijft. De meeste vakwerkhuisen verkeren op dit moment in de hierboven beschreven 'versteende' toestand.

### Enkele historische aspecten

De houtskeletbouw in Europa wortelt in de Prehistorie, kende een bloeitijd gedurende de hoge Middeleeuwen en verdween pas tijdens de vorige eeuw definitief uit Nederland. Uit opgravingen is gebleken dat de oudste agropastorale culturen van de Nederlandse prehistorie, de Bandkeramiekers, een primitieve vakwerktechniek toepasten. De gekloofde eikehouten stijlen van hun woonstalhuizen groeven ze in de grond in. De tussenwanden, van licht vlechtwerk opgetrokken, besmeerden ze met leem. Van beide bouwgegevens zijn sporen achtergelaten: paalgaten geven verkleuringen in de bodem; van het leemsmeersel met afdrukken van twijgen zijn door toevallige brandresten, waarbij leem verhardt, brokstukken opgegraven. Bovengrondse houtverbindingen, die gemakkelijk door vuur of verwerking vergaan, zijn onbekend. Mogelijk werden

de houten delen met touwsjorringen verbonden. Echte pen-en-gat-verbindingen zijn uit veenopgravingen echter wel bekend. Paalgathuizen kwamen in de gehele Prehistorie en de vroege Middeleeuwen voor, zo is uit honderden opgravingen bekend.

De overgang van de paalgat- naar de voetplaatconstructie, waarbij het skelet rust op een houten raamwerk op een stenen fundering, vond vermoedelijk plaats tijdens de vroege Middeleeuwen. Dit zou de verklaring kunnen zijn voor het volledig ontbreken van vakwerkbouwsels uit die periode; uit de hoge Middeleeuwen zijn daarentegen vele voorbeelden bekend, die allen voorzien zijn van een voetraam. Plaatselijk bleef de paalgatbouw veel langer bestaan, zeker voor kleinere bouwsels als stallen en schuren.

De historische ontwikkeling van stadshuizen, vaak vele verdiepingen hoog en uitbundig versierd, verschilt sterk van die op het platteland. De skeletbouw in de stad verdwijnt eeuwen eerder dan op het platteland, onder andere omdat de houten constructies met de daarbijbehorende strodaken uiterst brandbaar waren. Menige Middeleeuwse stad is dan ook diverse malen door brand verwoest en, als de middelen het toelieten, in steen herbouwd. Al vóór 1232 moesten bijvoorbeeld in de stad

15





Brugge de strodaken vervangen worden door onbrandbaar materiaal. In 1665 wordt te Maastricht bepaald dat elke naar de straat gekeerde gevel geheel van steen moest zijn. Daarbij werd voor de houten, meest overkragende gevel simpelweg een nieuwe stenen pui gezet met het gevolg dat de toch al smalle Middeleeuwse straat nog smaller werd. Ten plattelande, met zijn verspreide en laag blijvende bouwtrant, was het brandgevaar aanzienlijk geringer en bleef de vakwerkbouw veel langer in zwang. Ook hier bestonden echter gemeentelijke voorschriften ten aanzien van de minimale afstand tussen het hoofdgebouw en het bakhuis, waardoor onopzettelijke brandstichting door overwaaiende vonken uit de oven voorkomen werd.

### Nabeschouwing

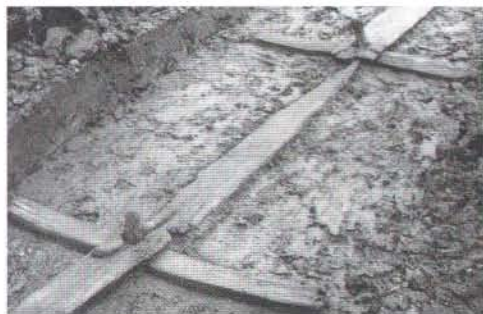
Zowel de techniek als de produkten van de vakwerkbouw ressorteren onder het culturele erfgoed van Centraal- en West-Europa. Terrecht worden vakwerkbouwsels in vele delen van dit gebied met zorg beschermd en gekoesterd, hetgeen met name geldt voor de kerken van oude dorpen en steden. Ook in openluchtmusea (onder andere te Bokrijk, Celle, Kommern en gelukkig nog steeds Arnhem)

besteedt men ruim aandacht aan deze bouwwijze.

In het Nederlandstalige deel van Noordwest-Europa is deze bescherming en aandacht vaak te laat gekomen. Weliswaar staan de meest imposante vakwerkhuisen op de 'Lijst van beschermde Monumenten' of zijn 'geklasseerd'. Voor kleinere, minder indrukwekkende bouwsels geldt nog steeds de (Zuidlimburgse) uitspraak "leime buj, erm luj" hetgeen, vrij vertaald, inhoudt dat vakwerkhuisen toch maar krotten zijn. Veel kleinere vakwerkbouwsels vallen dan ook nog regelmatig door de slopershamer of worden op een volstrekt ondeskundige manier gerestaureerd.

De verantwoordelijke overheidsinstanties, in Nederland met name de Rijksdienst voor Monumentenzorg, kunnen, om diverse redenen, nauwelijks aandacht besteden aan deze kleinere monumenten. Particuliere organisaties echter, zoals de Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten, het Limburgs Landschap en de tot Zuid-Limburg beperkte vereniging 'Oos Ambachtshoes', hebben daar wel oog voor. Het streven van deze particuliere organisaties om de produkten van de vakwerktechniek geïntegreerd binnen het omringende landschap te blijven behouden verdient derhalve meer dan louter bewondering.

16



15. Het Zuidlimburgse gehucht Cotessen bestaat voornamelijk uit mooi, soms te mooi gerestaureerde vakwerkhuisen. Op de foto het woonhuis van een nu tot appartementen verbouwde boerderij.

16. In de Prehistorie kende men al het principe van de pen-en-gat-verbinding zoals hier te zien is bij het in veen geconserveerde en hier opgegraven 'zuidelijk planken voetpad' (circa 1300 voor Christus).

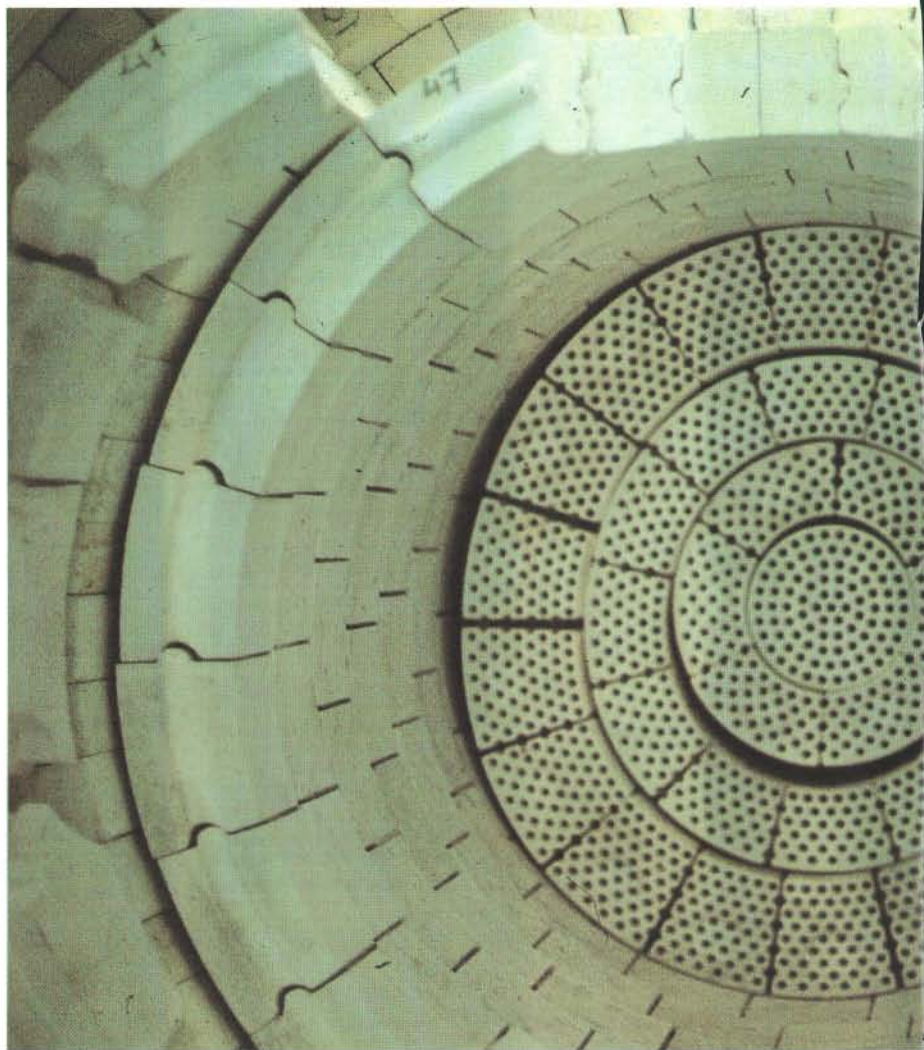
### Literatuur

- Voskuil JJ. Van vlechtwerk tot baksteen. Geschiedenis van de wanden van het boerenhuis in Nederland. Zutphen: Uitgeverij Terra, 1979.
- Binding G, Mainzer U, Wiedenau A. Kleine Kunstgeschichte des Deutschen Fachwerkbbaus. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1975.
- Casparie WA. Houten veenwegen. Prehistorisch vernuft? Natuur en Techniek 1986; 54: 7, pag. 508-519.
- Minke G. Bauen mit Lehm. Aktuelle Berichte aus Praxis und Forschung. Heft 1 bis 3. Grebenstein (BRD): Ökobuch, 1984.

### Bronvermelding illustraties

- DSM, Heerlen: pag. 218-219, afb. II-1.
- Wim Köhler, Cadier en Keer: afb. 3, 10, 11, 13, 14, I-1, II-2, II-3, II-4, 15.
- Photographie Giraudon, Parijs: afb. 4.
- Gemeente Sittard: afb. 6.
- Stichting Historisch Boerderij-Onderzoek, Arnhem: afb. 7.
- National Monuments Record, Londen: afb. 8.
- Foto Marburg, Marburg: afb. 9.
- Niederrheinisches Museum für Volkskunde und Kulturgeschichte Kevelaer, Sammlung H-T. Schadwinkel, foto H.M. Spielberg: afb. I-2.
- Biologisch Archaeologisch Instituut, Groningen: afb. 16.

# DE MAGNETOHYDRODY

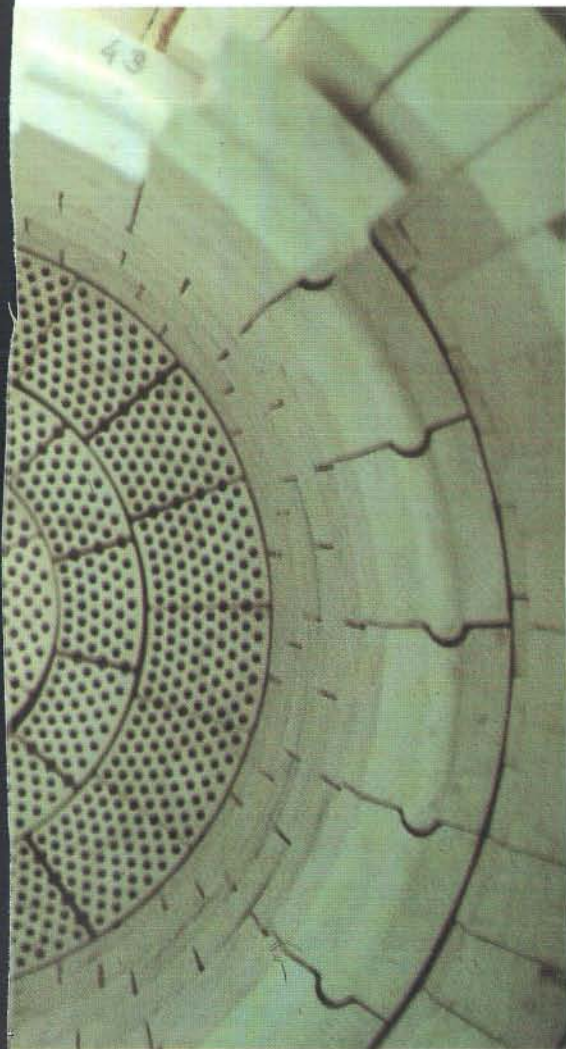


Het inwendige van de warmtewisselaar van de Eindhovense MHD-generator. De hete verbrandingssgasen dragen hier hun warmte over aan het edelgas dat door de MHD-generator stroomt. De warmtewisselaar is opgebouwd uit  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -stenen en kan temperaturen van 2000 K bereiken.

**L.H.Th. Rietjens**  
*Technische Universiteit  
Eindhoven*



# NAMISCHE GENERATOR



## STROOM UIT STROMING

Het elektrisch vermogen dat de mens gebruikt komt voor 95% uit een stoomcyclus. Dat wil zeggen dat warmte wordt vrijgemaakt uit een primaire brandstof, zoals kolen, olie, gas of uraan. Een stoomturbine en een generator zetten deze warmte vervolgens om in elektrische energie. De wetten van de thermodynamica bepalen dat het rendement van zo'n omzettingsproces nooit hoger kan zijn dan een bepaald theoretisch maximum, het Carnotrendement, dat afhangt van de temperatuur van de stoom en van het koelwater van de centrale. Het theoretisch rendement van een elektriciteitscentrale die volledig draait op een stoomturbine, ligt net boven de 60%. Door extra verliezen en het eigen energiegebruik in de centrale, bijvoorbeeld ten behoeve van milieuvorzieningen, bereikt een moderne stoomcentrale een rendement van ongeveer 40%. De elektriciteitsproducenten en wellicht nog meer de verbruikers van elektriciteit zouden dat rendement graag omhoog zien gaan. Makkelijk is dat niet. Wellicht biedt de in dit artikel besproken magnetohydrodynamische generator uitzicht op een schonere en meer economische elektriciteitsopwekking.

Het Carnotrendement, de theoretisch maximale waarde van het rendement van een stoomturbine, ligt vast in de formule

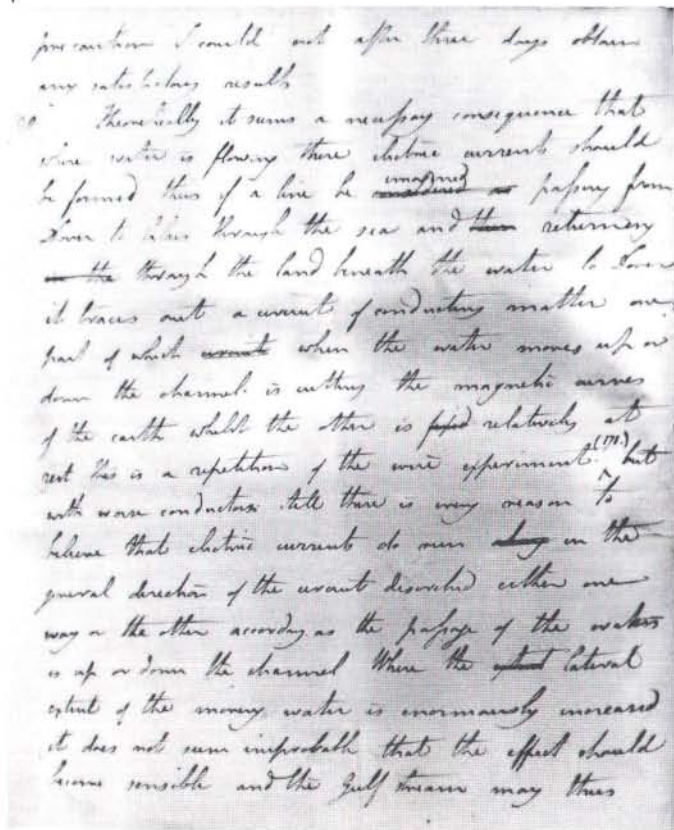
$$\eta = 1 - T_2/T_1$$

waarin  $T_1$  de temperatuur van de stoom en  $T_2$  de temperatuur van het koelwater is. Verhoging van het rendement kan men bereiken door de aanvangstemperatuur  $T_1$  te verhogen. Een stoomtemperatuur hoger dan 800 K levert echter te hoge drukken in de stoomturbine. Een ander medium dan stoom kan ook uitkomst geven. De toepassing van kaliumdamp (met  $T_1 = 1200$  K), het directe gebruik van het hete verbrandingsgas ( $T_1 = 1900$  K) of zelfs van zeer hete geïoniseerde verbrandingsgassen ( $T_1 = 2700$  K) bieden mogelijkheden het rendement te verhogen. Bij een geïoniseerd gas, ook wel plasma genoemd, is het rendement thermodynamisch begrensd tot 1 -

300/2700 = 89%. Door verliezen en eigen gebruik van de centrale wordt het te bereiken rendement van een centrale die een plasma als medium benut berekend op ongeveer 50 tot 55%, afhankelijk van de ontwikkelingen in deze techniek.

Wanneer men zo'n plasmagenerator gebruikt, schakelt men die voor een conventionele stoomgenerator, omdat de energieoverdracht anders zeer onvolledig zou zijn. In de plasmagenerator, ofwel magnetohydrodynamische generator (MHD-generator) beweegt het hete plasma zich met grote snelheid (dynamisch) door een sterk magnetisch veld (magneto). Door de beweging van het elektrisch geleidend plasma door het magnetisch veld wordt, zoals we zullen zien, rechtstreeks elektrische energie opgewekt. Een goed gebouwde MHD-generator moet de in het geïoniseerde gas, ofwel plasma, opgeslagen thermische energie (met een hoge temperatuur van ongeveer 2700

1



1. Faraday's manuscript van hoofdstuk 190 uit het boek 'Experimental Researches in Electricity', Vol. 1 (1832).

2. Het principe van een MHD-generator. Het plasma stroomt met grote snelheid door het aangegeven magnetische veld  $B$ . Door de Lorentzkracht wordt het elektrische veld  $E_{\text{ind}}$  opgewekt en gaat een elektrische stroom  $I$  lopen in de belasting  $R_{\text{L}}$ .

3. Open MHD-stoomcentrale. Het hete verbrandingsgas wordt rechtstreeks door de MHD-generator gestuurd en levert vervolgens warmte aan de conventionele stoomcyclus.



K), de aanwezige potentiële energie (een hoge druk van circa 7 atm) en de kinetische energie (een hoge snelheid van ongeveer 900 m·s<sup>-1</sup>) optimaal omzetten in elektrische energie.

### Theemswater

De eerste voorstellen om bewegende en elektrisch geleidende vloeistoffen te gebruiken voor de opwekking van elektrische energie zijn van Michael Faraday. In 1832 rapporteerde hij op een vergadering van de Royal Society of Londen over zijn proeven in het meer van Kensington Palace en in de Theems. In zijn experimenten in de Theems benutte hij als stromingsbron het stromend rivierwater dat zich door het aardmagnetisch veld beweegt. De experimentele resultaten waren beperkt. Faraday stelde tijdens zijn lezing in Londen: "I constantly obtained deflections at the galvanometer but they were irregular and were, in suc-

cession, referred to other causes than that sought for". Ondanks dit negatieve resultaat stelt hij: "Theoretically it seems a necessary consequence, that where water is flowing in a magnetic field, there electric currents should be formed", en hiermee heeft hij het principe van de magnetohydrodynamische opwekking van elektrische energie vastgelegd.

Ruim een eeuw later, in 1938, vervangt Béla Karlovitz, Hongaar van geboorte en geëmigreerd naar de Verenigde Staten, de vloeistof door een heet gas. In de Westinghouse Research Laboratories in Pittsburgh ziet hij kans om een deel van de energie die in het hete geïoniseerde gas is opgeslagen, rechtstreeks om te zetten in elektrische energie.

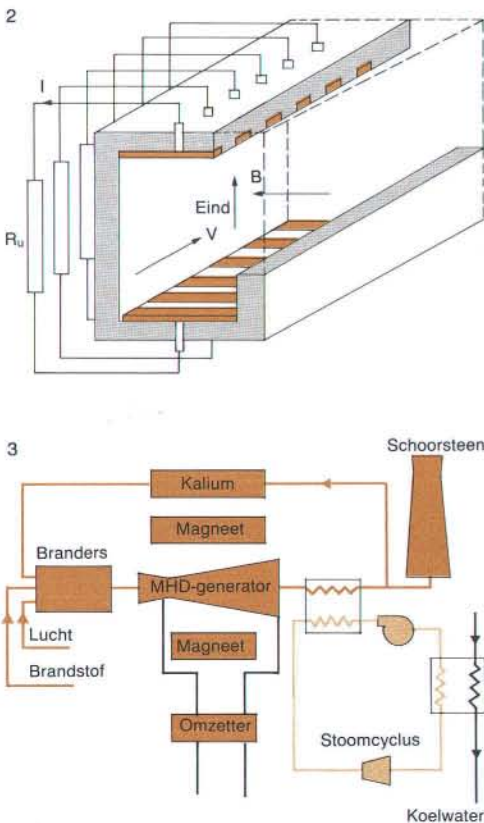
De ontwikkelingen die zijn ingezet met het werk van Karlovitz hebben geleid tot omvangrijke experimenten in veel laboratoria, met name in Rusland, de Verenigde Staten, Japan en in West-Europa. Het onderzoek in West-Europa is in de jaren zeventig sterk gereduceerd. In Nederland werd het onderzoek in 1976 echter uitgebreid. In de volgende hoofdstukken zullen de verschillende systemen, en de resultaten die ermee zijn behaald, kort worden beschreven.

### Typen MHD-generatoren

#### Open MHD-centrale

De open MHD-stoomcentrale gebruikt fossiele brandstof, kolen of gas, die met voorverwarmde of met zuurstof verrijkte lucht verbrandt op een temperatuur van ongeveer 2700 K. Een kleine hoeveelheid kalium wordt aan het verbrande gas toegevoegd. Het kalium is makkelijk te ioniseren waardoor het elektrisch geleidingsvermogen van het plasma toeneemt. Het hete plasma stroomt dan uit de verbrandingskamer door een *venturibuis*, een zich vernauwende buis, waardoor het plasma op snelheid wordt gebracht. Daarna komt het plasma in het MHD-generatorkanaal, waar een sterk magnetisch veld is aangelegd. De magnetische Lorentzkracht scheidt de positief geladen ionen en de negatieve elektronen. De scheiding van de geladen deeltjes resulteert in een Elektromotorische kracht (EMK) van de MHD-generator, dat is de spanning van de generator zonder dat deze belast is. De EMK is:

$$EMK = v \times B \times h \quad (1)$$



Hierin is bijvoorbeeld  $v = 900 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  de snelheid van het medium,  $B = 5 \text{ Tesla}$  de magnetische inductie, en  $h = 1,5 \text{ m}$  de hoogte van het MHD-kanaal. De lezer kan nu zelf berekenen dat de EMK van de geschetste MHD-generator 6750 V bedraagt.

Het elektrische vermogen dat door de MHD-generator wordt geleverd is gelijk aan:

$$P_e = b \cdot h \cdot \rho v \{ (C_v T + pV + 0,5v^2)_{\text{in}} - (C_v T + pV + 0,5v^2)_{\text{uit}} \} \quad (2)$$

hierin is  $b$  de breedte van het MHD-kanaal en  $\rho$  de dichtheid van het plasma en dus is  $b \cdot h \cdot \rho v$  de totale massa die per seconde door de generator stroomt.  $C_v$  is de soortelijke warmte en  $V$  het specifieke volume van het gas. De term  $(C_v T + pV + 0,5v^2)_{\text{in}}$  geeft de energie aan per eenheid van massa aan de ingang van het kanaal. Deze energie wordt bepaald door de temperatuur  $T$ , de druk  $p$  en de snelheid  $v$ . Bij een totale massastroom  $b \cdot h \cdot \rho v = 400 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$  en een lengte van het generatorkanaal  $L = 20 \text{ m}$  kan in de praktijk een elektrisch vermogen

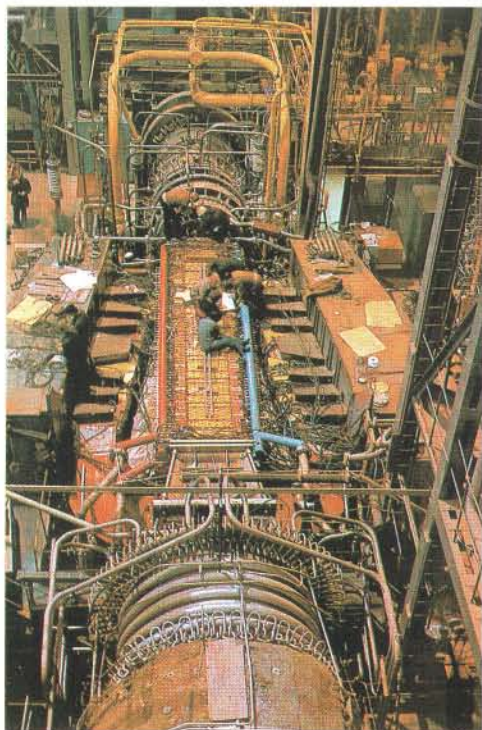
van 350 MWe worden onttrokken. Met de hete plasmastroom die het MHD-kanaal verlaat en waarvan de energie nog gelijk is aan  $b \cdot h \cdot \rho v (C_v T + pV + 0,5v^2)_{\text{uit}}$ , wordt stoom opgewekt die in een conventionele centrale voor de opwekking van nog eens 250 MWe zorgt. Het totale rendement van een dergelijke met kolen gestookte MHD-centrale is berekend op 50 tot 55%.

Nadat de energie die nog benut kan worden aan de stoom is overgedragen, verlaat het verbrandingsgas de centrale door de schoorsteen (open MHD-systeem). Het toegevoegde kalium, dat de zwavel in de verbrandingsgasen bindt en daardoor een lage  $\text{SO}_2$ -emissie bevordert, wordt teruggewonnen.

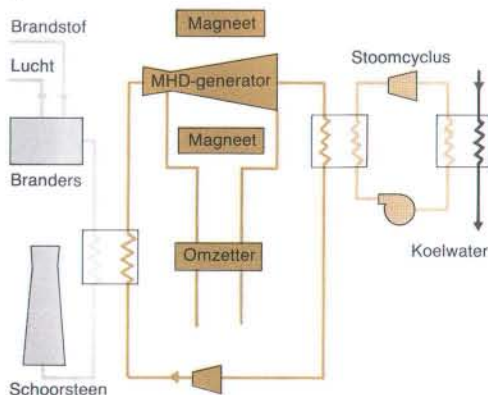
### Gesloten MHD-centrale

In dit systeem circuleert het medium van de MHD-generator in een gesloten circuit. De edelgassen helium of argon vormen hier het medium. De energie wordt via een warmtewisselaar aan het edelgas toegevoerd. Tot in de jaren zeventig beschouwde men de hoge-tempe-

4



5



4. De open MHD-generator in het Instituut voor Hoge Temperaturen, IVTAN, in Moskou. Het bovenste juk en de bovenste spoel van de magneet zijn verwijderd. Het MHD-kanaal is goed zichtbaar.

5. Gesloten MHD-stoomcentrale. In het gesloten MHD-circuit wordt een edelgas als medium gebruikt. De maximale temperatuur in de cyclus kan beperkt blijven tot 2000 K.

6. Een overzicht van de MHD-blow-down-generator gebouwd en in bedrijf gesteld aan de Technische Universiteit Eindhoven. De generator heeft een elektrisch vermogen van 735 kWe gegenereerd. In deze richting van het onderzoek een wereldrecord.





6

ratuur gasgekoelde kernreactor als energieleverancier voor de toekomst. De vereiste temperatuur van het edelgas is weliswaar lager (2000 K) dan bij een open MHD-centrale, maar toch werd in 1972 vastgesteld dat gasgekoelde kernreactoren, die werken bij temperaturen van 2000 K, voorlopig niet ontwikkeld zouden worden. Het ideale beeld van een direct aan de kernreactor gekoppelde MHD-generator, waarin geen draaiende onderdelen aanwezig zijn en waarbij hoge rendementen zouden kunnen worden bereikt, bleek voorlopig, binnen 15 à 20 jaar, niet realiseerbaar. In West-Europa (Duitsland, Frankrijk en Italië), waar het MHD-onderzoek zich sterk richtte op het gesloten MHD-systeem gekoppeld aan een hoge-temperatuur gasgekoelde kernreactor, werd het onderzoek daarop sterk teruggedraaid; in Duitsland zelfs geheel gestopt.

Wanneer we naar het schema van het gesloten circuit kijken, constateren we dat we in principe elke warmtebron kunnen gebruiken die warmte bij een temperatuur van 2000 K kan leveren. Momenteel kunnen dus fossiele brandstof en geconcentreerde zonne-energie worden ingezet. In de toekomst zijn bij ver-

dere ontwikkeling de hoge-temperatuur gasgekoelde reactor en de fusiereactor als mogelijke warmtebron inzetbaar.

De energie opgeslagen in het hete edelgasplasma wordt in de MHD-generator op dezelfde manier als in de vergelijkingen (1) en (2) beschreven, omgezet in elektrische energie. Na passage van de MHD-generator kan met het nog hete edelgas weer stoom worden gegenereerd. Vervolgens stroomt het edelgas in het gesloten systeem via een compressor terug naar de warmtebron. Ook hier wordt ter verhoging van het elektrische geleidingsvermogen een makkelijk te ioniseren element, in dit geval enkele promillen cesium, aan het plasma-medium toegevoegd.

#### *Vloeibaar-metaal MHD-generator*

Deze MHD-generator gebruikt als medium een vloeibaar metaal. De vloeistof circuleert in een gesloten systeem en neemt energie op via een warmtewisselaar. In de MHD-generator wordt energie die in het medium is opgeslagen rechtstreeks omgezet in elektrische energie. Dit systeem, dat werkt bij relatief lage temperaturen (bijvoorbeeld 400 K), wordt met name ont-



wikkeld voor speciale toepassingen (Frankrijk en Israël). Als voorbeeld geldt de koppeling aan een kleine kernreactor voor het opwekken van elektrische energie in de ruimtevaart. Het elimineren van componenten met roterende onderdelen is hier een belangrijk aspect. Het rendement van het systeem is minder belangrijk. Aangezien het hier voorlopig gaat om energie-opwekking op relatief kleine schaal wordt aan dit systeem in dit artikel verder geen aandacht besteed.

### Recente ontwikkelingen

De ontwikkeling van MHD-generatoren heeft in de laatste twee decennia een aantal interessante resultaten opgeleverd. Uitgebreide analyses hebben laten zien dat met de introductie van de MHD-generator in de elektriciteitsopwekking het rendement van de centrales belangrijk kan worden opgevoerd, wel tot 50 à 55%. Daarbij is uitgegaan van kolen als brandstof. Een vergelijking met de hoge rendementen van centrales die met gas worden

TABEL 1. Overzicht componentenontwikkeling

Geavanceerde kolenbranders (2700 K)			
1968	UK	2 MWt	
1977	USA	10 MWt	
1981	USA	20 MWt	
1985	USA	50 MWt	
Supergeleidende magneet			
1968	USA	1,8 Tesla	
1977	USA/USSR	5,0 Tesla	40 ton
1981	USA	6,0 Tesla	173 ton
1990	(ontwerp)	5,0 Tesla	280 ton
MHD-generator			
1976	USA	100 uur continu	
1978	USA	500 uur continu	
1980	USA	1000 uur continu	
1990	(ontwerp)	6000 uur continu	

7



7. Schematisch overzicht van de in aanbouw zijnde 580 MWe MHD-stoomcentrale in Ryazan, USSR.

8. Op de voorgrond (onderaan) van deze luchtfoto staat het MHD-laboratorium van de universiteit van Tennessee, Tullahoma, VS. In dit laboratorium is de Coal Fired Flow Facility (CFFF) opgesteld.

9. Rendement, kWh-prijs,  $\text{SO}_2$ - en  $\text{NO}_x$ -emissies voor een moderne, met kolen gestookte, elektriciteitscentrale in vergelijking met een MHD-stoom-centrale (uit een rapport aan het US Congress, 1982). De NSPS geeft aan hoe hoog in Amerika de uitstoot maximaal mag zijn.

gestookt zijn in dit verband minder interessant, omdat voor de toekomstige grootschalige elektriciteitsvoorziening speciaal kolen en uraan in aanmerking komen. Het uitgebreid introduceren van de gasturbine in de elektriciteitsvoorziening vereist een verdere ontwikkeling van de kolenvergassing op grote schaal. Het rendementsverlies van enkele procenten bij het vergassen van kolen dient te worden meegenomen in de vergelijking van de verschillende systemen.

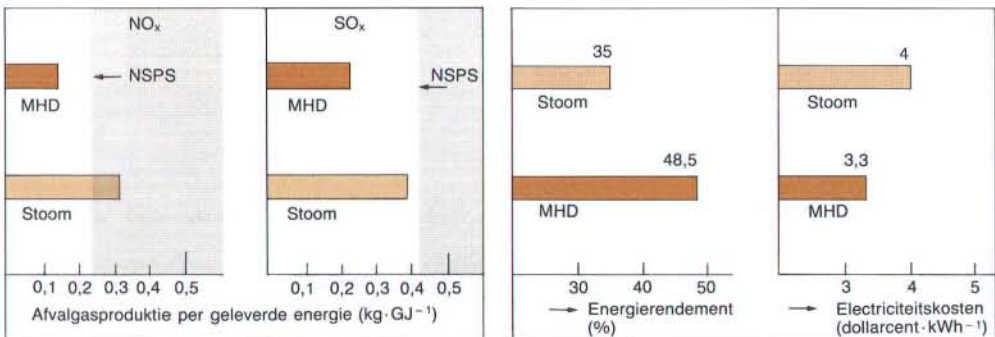
De mogelijke introductie van de MHD-generator heeft verder een aantal positieve aspecten ten aanzien van de milieubelasting: minder  $\text{SO}_2$ - en  $\text{NO}_x$ -emissie en minder thermische vervuiling vergeleken met een moderne kolencentrale. Wanneer men dan nog tot de conclusie komt dat de met MHD opgewekte elektriciteit concurrerend in prijs is, wordt het duidelijk dat de betrouwbaarheid van deze methode van energie-opwekking in de praktijk moet worden geleverd.





8

9



### Proefcentrales

In Rusland is daartoe in de jaren zeventig een proefcentrale gebouwd en in bedrijf gesteld. De U-25 centrale, gebouwd door het Instituut voor Hoge Temperaturen (IVTAN) in Moskou, heeft vermogens tot 20,4 MWe aan het elektriciteitsnet geleverd. De maximale duur per beproeving was 250 uur. Na analyse van de resultaten van deze onderzoekcentrale besloten de Russen de eerste 580 MWe MHD-

stoomcentrale te bouwen in Ryazan, 200 km ten zuidoosten van Moskou. Van het totaal te leveren vermogen zal de MHD-generator 270 MWe leveren. Volgens de Russische experts komt de centrale omstreeks 1990 in bedrijf. De MHD-generator wordt voorgeschakeld aan een normale, conventionele stoomcentrale. De grote opdracht voor de productie van 200 ton supergeleidende kabel, als onderdeel van de 500 ton kabel die nodig is voor de bouw van de supergeleidende magneet voor deze centrale, is

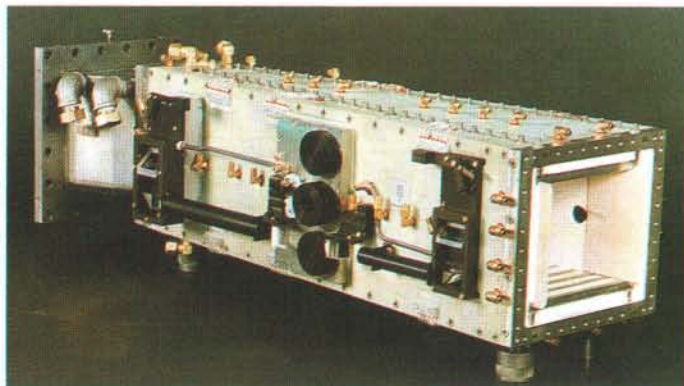
recent verstrekt aan het bedrijf Outokumpu in Finland.

In de Verenigde Staten ligt momenteel het ontwerp voor een MHD-proefinstallatie van 90 MWe klaar. Het onderzoek richtte zich daar de afgelopen tien jaar vooral op de componenten: kolenbranders, elektroden, supergeleidende magneten en gelijkstroom-wisselstroom-omzetters. Zo bleek uit duurproeven dat elektroden 1500 uur bedrijfstijd probleemloos doorstonden en na bestudering goed bleken te zijn voor 6000 uur bedrijfstijd. Een globaal overzicht van de vooruitgang in de componentenontwikkeling over de laatste jaren wordt gegeven in tabel 1. De huidige problemen in de USA zijn niet van technische maar van financiële aard. De verdere ontwikkeling en bouw van een demonstratiecentrale van 90 MWe kost ongeveer \$400 000 000 en de discussie over de verdeelsleutel voor de financiering van deze samenwerking tussen de overheid, de



11

10



10. MHD-kanaal voor de MHD-blow-down-generator van de Technische Universiteit Eindhoven.

11. Een beeld van het inwendige van de met stikstofgekoelde magneet van de Eindhovense MHD-generator. De gekoelde magneetspoelen liggen in vacuüm in een grote 'thermosfles'. Op de foto is de 'thermosfles' geopend.

12. Boogontlading tussen twee elektroden van een MHD-generator. Het hete gas, het plasma, stroomt van links naar rechts. Het magnetisch veld staat loodrecht op het vlak van de foto.

TABEL 2. Gesloten-cyclus MHD-generator experimenten

Blow-down en continu bedrijf		
Instituut	Thermisch ingangsvermogen (MWt)	Maximaal elektrisch gegenereerd vermogen (MWe)
MIT, USA	4,2	0,008
Saclay, Frankrijk	1	0
Frascati, Italië	0,5 - 1,3	0,007
Toronto, Canada	1 - 10	0
Jülich, Duitsland	5	0
TUE, Nederland	5	0,735
TIT, Japan	2 - 10	0,05



industrie en de elektriciteitsbedrijven, die al loopt sinds juni 1985, heeft nog geen conclusie opgeleverd.

Op het gebied van gesloten MHD-generatoren bereikten General Electric in de Verenigde Staten en de tegenwoordige Technische Universiteit Eindhoven een mijlpaal door tijdens experimenten van zeer korte duur (5 milliseconden) elektrische vermogens te genereren van meer dan 1 MWe in MHD-kanalen met een volume van slechts tien liter. De grote vermogensdichtheden van meer dan 100 MWe·m<sup>-3</sup> en het relatief hoge omzetrendement (meer dan 20%) in deze relatief kleine experimenten, leidden in Amerika en in Nederland tot onderzoekvoorstellen om voor meer realistische condities, zoals die in elektriciteitscentrales zullen heersen, te laten zien dat de MHD-generator werkt. Twee projecten werden daartoe in 1976 uitgewerkt. Dat was in Nederland het *blow-down-experiment* aan de

Technische Universiteit Eindhoven. Daarbij stroomt een heet argonplasma, met een thermisch vermogen van 5 MWt, gedurende ongeveer 10 s met een supersonische snelheid van 1000 m·s<sup>-1</sup> door een sterk magnetisch veld van 5 Tesla. Ook General Electric stelde een 'blow-down experiment' voor, maar met een tienmaal zo grote argonstroom: 50 MWt.

Het Eindhovens voorstel is goedgekeurd en uitgevoerd. Het voorstel van General Electric verkreeg geen toestemming. De bestaande samenwerking tussen General Electric en de Technische Universiteit werd op overheidsniveau versterkt en contractueel vastgelegd. Het onderzoek in Eindhoven kon, in de eindfase met financiële ondersteuning door de Stichting voor de Technische Wetenschappen, succesvol worden afgesloten.

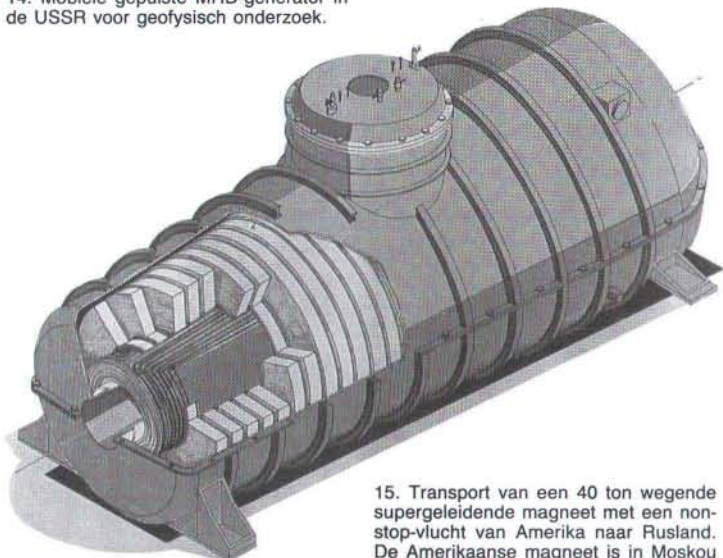
In 1986 hebben de experimenten zeer positieve resultaten opgeleverd. Er werden elektrische vermogens tot 0,735 MWe gegenereerd

12



13. Ontwerp van een supergeleidende magneet voor een 1000 MWe MHD-centrale.

14. Mobiele gepulste MHD-generator in de USSR voor geofysisch onderzoek.



13

15. Transport van een 40 ton wegende supergeleidende magneet met een non-stop-vlucht van Amerika naar Rusland. De Amerikaanse magneet is in Moskou geïnstalleerd voor MHD-experimenten.

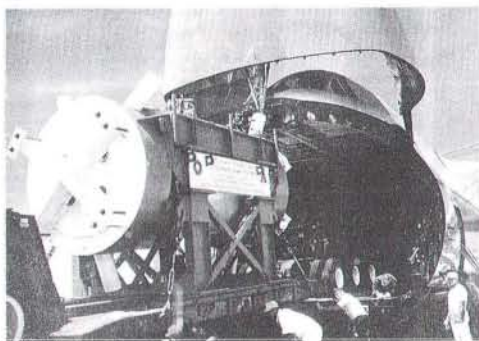


14

die ook konden worden afgenomen door een uitwendig aangesloten belasting. Nog belangrijker is dat het verloop van de gemeten plasmagrootheden in de MHD-generator nu in overeenstemming is met de opgestelde theoretische modellen. Om de lezer een indruk te geven van de bereikte resultaten is in tabel 2 een overzicht gegeven van soortgelijke pogingen die in andere laboratoria in de wereld zijn en worden ondernomen. Het meest interessant zijn de experimenten die worden uitgevoerd aan het Tokyo Institute of Technology van de universiteit van Tokyo in Japan.

Japanse collega's hebben een soortgelijke MHD-blow-down-installatie gebouwd als in Eindhoven staat, echter met een ander type MHD-kanaal: een disk-MHD-kanaal. Het maximale vermogen in deze Japanse generator opgewekt is tot nu toe slechts 0,05 MWe. Dat ook dit vermogen belangrijk moet kunnen worden opgevoerd kan worden afgeleid uit recente diskexperimenten van zeer korte duur (5 milliseconden) die nu in Eindhoven, eveneens als voorloper tot blow-down-experimenten, worden uitgevoerd en waarin opnieuw meer dan 1 MWe werd gegenereerd.

15



## Conclusies

Het onderzoek en de ontwikkeling op het gebied van de MHD-elektriciteitsopwekking heeft in de laatste jaren belangrijke vorderingen laten zien. Zowel de MHD-technologie als de theoretische modellering hebben het niveau bereikt vanwaaruit proefcentrales kunnen worden ontworpen en gebouwd. De plannen hiervoor zijn in ontwerp, of liggen klaar, en worden soms al gerealiseerd.





In Rusland is de eerste 'commerciële' MHD-stoomcentrale in aanbouw. Het totale elektrische vermogen zal 580 MWe bedragen. Door de hoge eisen die worden gesteld aan de betrouwbaarheid heeft men bij de optimalisatie van de centrale op verschillende onderdelen rendement moeten inleveren, waardoor het rendement van deze eerste centrale begrensd is tot circa 48%. De Amerikaanse ontwikkeling wordt ernstig vertraagd, voornamelijk omdat de 'return of investment' voor dit soort groot-schalige energieprojecten te lang is voor de elektrische apparatenindustrie. Internationale samenwerking op dit gebied blijkt noodzakelijk te zijn. De intensieve Russisch-Amerikaanse samenwerking werd ernstig verstoord door de Russische inmenging in Afghanistan. De door Amerika aan het Russische IVTAN ter beschikking gestelde supergeleidende magneet van 40 ton werd op non-actief gesteld. Het installeren van deze magneet in Rusland door Amerika laat duidelijk de belangstelling zien die de Russen hebben voor hoogwaardige technologie uit het Westen.

Internationale belangstelling bestaat er voor het Nederlandse MHD-werk op het gebied van

gepulste hoogvermogenbronnen. Hier wordt gedacht aan elektrische vermogens van 1 tot 100 MWe met pulsduren van 0,01 tot 100 s. Vele toepassingen zijn mogelijk. MHD-generatoren van 30 MWe met een pulsduur van 10 s zijn al in bedrijf. Deze MHD-generatoren, zowel mobiel – geplaatst op vrachtwagens – als vast opgesteld, worden in Rusland ingezet voor grootschalig geofysisch onderzoek. Verder worden een aantal van deze generatoren in de Palmir Mountains opgesteld voor wetenschappelijk onderzoek van de aardkorst met het doel inzicht te verkrijgen in de mogelijkheden van het voorspellen van aardbevingen.

Of met het huidige Nederlandse technologiebeleid de unieke hoogwaardige MHD-technologie, waar Nederland een vooraanstaande positie kan claimen, kan worden uitgebuit door de Nederlandse apparatenindustrie is nog een open vraag

Zoals gesteld: het MHD-onderzoek en de MHD-technologie hebben belangrijke resultaten geboekt. In de Westerse wereld blijven belangrijke beslissingen in de MHD-ontwikkeling uit. Waar in de komende decennia kolen één der belangrijkste bronnen zullen blijven voor onze elektriciteitsvoorziening, zal het kolenonderzoek in omvang moeten toenemen. In deze ontwikkeling met de inzet van kolen in hoogwaardige technologische omzetprocessen, mag de MHD ontwikkeling met een hoog potentieel omzetrendement en een relatief lage milieubelasting niet ontbreken.

#### Literatuur

- Faraday Michael. Experimental Researches in Electricity, Vol 1. London, 1845, pag. 42.  
 Karlovitz B. Processes for the Conversion of Energy, US Patent 2,210,918, August 1940.  
 Rietjens LHTh. Magneto-hydrodynamische energie-omzetting. *Natuur en Techniek* 1974: 42; pag. 318.  
 Proceedings of the Ninth International Conference on MHD Electrical Power Generation, Tsukuba, Japan, November 1986.

#### Bronvermelding illustraties

Alle illustraties zijn afkomstig van de auteur.

# VORSTIS

---

**Brian W.W. Grout**  
*Plymouth Polytechnic*  
*Plymouth*



**EURO**  
ARTIKEL

---

# AAN PL



# SCHADE



Bevriezing van het weefsel van hogere planten kan schade tot gevolg hebben en zelfs dodelijk zijn voor de plant. De door vorst veroorzaakte belasting beïnvloedt de verspreiding en de voortplanting van plantensoorten en kan leiden tot sterk verminderde opbrengsten in de land- en tuinbouw. Daarentegen kunnen lage en ultralage temperaturen worden benut om levensvatbaar plantemateriaal voor latere voortplanting te bewaren, waarbij gebruik wordt gemaakt van hetzij de natuurlijke weerstand tegen vorst in het weefsel, hetzij ingrepen in het laboratorium tot het behoud van de levensvatbaarheid.

Bestrijding van vorstschade op reageerbuisniveau. Ook in Californië worden boomgaarden bij tijd en wijle door vorst getroffen. Met behulp van een genetisch gemanipuleerde bacterie hoopt men daar wat aan te doen. Deze proefplantjes blijven voorlopig in de ijskast. Het is de bedoeling dat zij uitgeplant worden voor een test in het veld. Een omstreken zaak omdat het voor het eerst zou zijn dat genetisch veranderde organismen in de vrije natuur gebracht worden.

# LANTEN

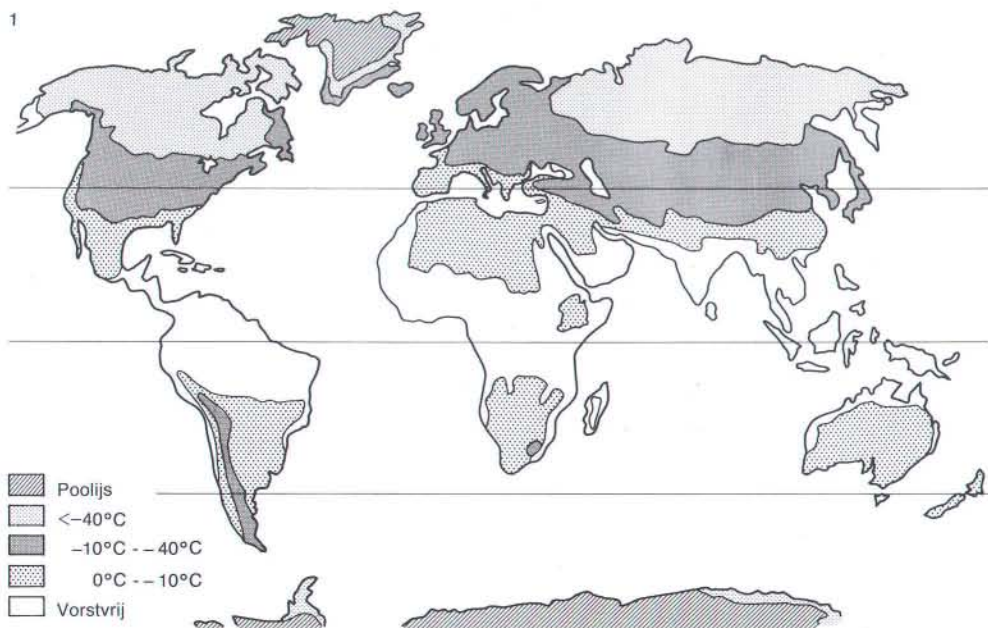
### Vorst en plantenverspreiding

Temperaturen onder nul zijn een heel normaal verschijnsel in onze omgeving. Ze worden minstens eens per jaar op 60% van het land op onze aardbol gemeten. De plantenpopulaties in deze gebieden lopen dan ook de kans op een bepaald tijdstip tijdens hun jaarlijkse groei-cyclus hetzij in-, hetzij uitwendig te bevriezen. Als bevrozing optreedt, veroorzaakt dit een belasting van het planteweefsel die tot schade kan leiden. De planten moeten een zekere mate van weerstand hebben om levensbedreigende beschadiging te voorkomen. In de natuur kan dit door verdragen of voorkomen van vorstbelasting. Deze twee verschillende vormen van weerstand vinden hun weerslag in de verspreiding van plantenpopulaties, hun voortplanting en hun fysiologische aanpassingen aan temperaturen onder nul.

De poolgebieden en hoge bergtoppen zijn voortdurend met ijs bedekt en er groeien alleen lagere planten die uiterst resistent zijn. In gebieden waar een minimum jaartemperatuur van minder dan  $-40^{\circ}\text{C}$  niet ongewoon is, is de kans groot dat de in de overwinterende planten aanwezige waterige oplossingen bevriezen. Om te overleven moeten de weefsels derhalve bestand zijn tegen een zeer grote vorstbelasting.

Koudeperiodes met minima van  $-10^{\circ}$  tot  $-40^{\circ}\text{C}$  zijn in een groot gedeelte van Europa, Noord-Amerika en Azië heel gewoon en de kans dat weefsels in overwinterende planten bevroren blijft groot. Er is dus ook hier enige mate van vorstbestendigheid noodzakelijk. In de klimaatzones waar temperaturen onder het vriespunt af en toe kunnen voorkomen, zijn de inheemse plantenpopulaties doorgaans wel bestand tegen lichte en kortdurende vorst.

Eén van de meest voorkomende adapties die planten hebben ontwikkeld ter bescherming tegen vorst is de vorming van zaad voor de voortplanting. Verreweg de meeste zaden hebben een watergehalte van minder dan 15% van hun verse gewicht. Over het algemeen is het water niet in oplossingen aanwezig en het kan derhalve niet bevriezen. Doordat dit *orthodoxe* zaad overwintert, vermijdt de plantenpopulatie vorstspanningen en kan tot het volgende seizoen met zachter weer overleven. Andere planten, met name een aantal tropische, subtropische en een beperkte groep gematigde soorten, produceren zogenaamde *recalcitrante* zaden, met een betrekkelijk hoog watergehalte, meer dan 60% van het verse gewicht. Voorbeelden zijn rubber, koffie en thee. Deze soorten zijn slecht bestand tegen uitdroging en vorstbelasting en komen over het algemeen in







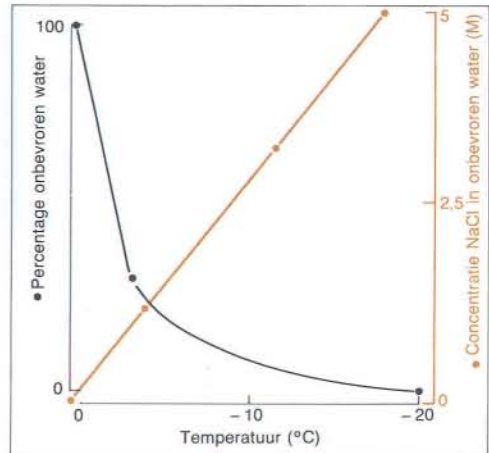
2

1. Maar weinig plaatsen op aarde zijn vorstvrij; bijna overal bestaat dus het gevaar dat gewassen door de vorst aangetast worden. Op de kaart zijn de normale jaarminima voor diverse streken op aarde in vijf categorieën aangegeven.

2. Vorstschade aan appels. Fruittelers ondervinden vooral schade van nachtvorst als deze net toeslaat wanneer een boom bloeit of al vrucht draagt.

3. Deze grafiek laat zien hoeveel water onbevoren blijft als een verdunde (0,15 mol) NaCl-oplossing wordt afgekoeld. Bovendien is aangegeven hoe de concentratie van de oplossing daarbij toeneemt.

gebieden voor, waar temperaturen onder nul zelden of nooit voorkomen. Van sommige soorten in de gematigde zone, bijvoorbeeld de eik en kastanje, is bekend dat zij recalcitrante zaden hebben en desondanks strenge winters doorstaan. Het zaad kan derhalve niet de belangrijkste rol in hun overlevingsstrategie spelen en voor de instandhouding van de soort zijn deze bomen sterk afhankelijk van de ouderplant, die de koude periode moet kunnen doorstaan, en van een zeer klein percentage zaad dat in bepaalde jaren kan overleven. Veel van dergelijke soorten hebben zo'n grote weerstand omdat ze zich aanpassen aan de veranderingen in hun omgeving naarmate het koude seizoen nadert. Deze aanpassing vindt gewoonlijk plaats als reactie op de daglengte en temperatuur, en vergroot de kans dat het plantaardige weefsel overleeft door het punt van fatale bevriezing te verschuiven naar lagere temperaturen.



3

### Ijsvorming

Een kritiek moment bij vorst in de omgeving van de plant is ijsvorming in de waterige oplossingen in de aarde die de wortels omgeven. Het voor de plant beschikbare water bevindt zich in holten en poriën in de bodem, met diameters van 0,2 tot 0,8 micron en bevat naast betrekkelijk lage concentraties organische, ook anorganische bestanddelen. Gewoonlijk hebben deze oplossingen een waterpotentiaal die dicht bij nul ligt en een beperkt onderkoelingsvermogen. Er is sprake van onderkoeling als een waterige oplossing wordt afgekoeld beneden de temperatuur waarbij zich ijs kan vormen, maar waarbij de noodzakelijke kernvorming niet plaats vindt. Dit betekent dat het water in de grond waarschijnlijk bevroert bij temperaturen rond  $-2^{\circ}\text{C}$  of lager.

Het bevroeringsproces vermindert het voor de plant beschikbare water, en kan ook osmotische druk op de wortels veroorzaken. Deze druk doet zich voor omdat bij temperaturen net onder het nulpunt niet al het water zal bevriezen. Dat komt doordat de opgeloste stoffen geen deel uitmaken van het ijskristalrooster, maar in het nog niet bevroren water in oplossing blijven, waardoor de concentratie van de oplossing toeneemt en het vriespunt wordt verlaagd tot de omgevingstemperatuur. Gevolg is dat langs osmotische weg water aan de plant wordt onttrokken. De door de ijsvorming in de grond veroorzaakte 'vorstdroogte' wordt versterkt als er veel water aan het bo-

vanggrondse gedeelte van de plant wordt onttrokken. De bergroodendron bijvoorbeeld, die bij de boomgrens groeit, verliest in de winter soms meer dan 50% van zijn water. De situatie kan nog verslechteren doordat onder invloed van de lage temperaturen, de snelheid waarmee de plant water opneemt vermindert. Bovendien hebben veel overwinterende altijd-groene bomen grote oppervlakken, die de verdamping versnellen. Hier blijkt het voordeel dat bomen hebben die hun bladeren in de winter verliezen.

De ijsafzetting op de buitenoppervlakken van het bovengrondse gedeelte van de plant kan op gang worden gebracht door kernvormende deeltjes, zoals stofdeeltjes, plantaardige overblijfselen en op het blad levende bacteriën. Het ijs verspreidt zich via de dunne oplossingen aan het oppervlak en kan vervolgens binnendringen in de plant via de lenticellen, niet geheel gesloten huidmondjes en beschadigingen aan het plante-oppervlak die tot in het weefsel reiken. Als het inwendige van de plant reeds voldoende is afgekoeld zal de ijsvorming zich, met name via het vaatstelsel, snel naar andere delen van de plant verspreiden. De groei van de ijskristallen via voldoende afgekoelde oplossingen zet zich voort tot aan een effectieve hindernis, zoals een onbeschadigd plasmamembraan van een cel of tot bepaalde gewijzigde celwanden.

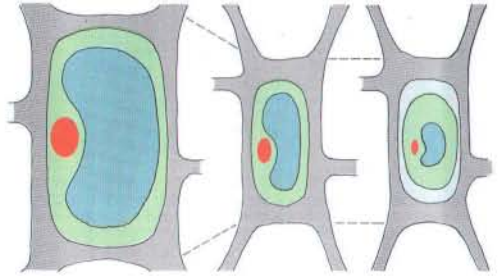
Ijsvorming kan ook direct binnen de plant plaatsvinden. Als de afkoeling langzaam geschiedt, vormen zich ijskernen buiten de cel. De reden hiervoor is dat de meest effectieve ijsvormende deeltjes bepaalde structuren binnen de celwand zijn, die in het temperatuurgebied van ongeveer  $-4^{\circ}\text{C}$  tot  $-15^{\circ}\text{C}$  werkzaam zijn, terwijl kernvorming in de waterhoudende protoplast bij die temperaturen tamelijk slecht verloopt. Onder de protoplast verstaan we alles wat zich binnen de plasmamembraan bevindt. De protoplast bevriest dan ook pas bij  $-20^{\circ}\text{C}$ . Aanvankelijk zal bij vorst het ijs zich derhalve in de celwanden en in de extracellulaire holten vormen en de vorstbelasting zal worden uitgeoefend op de nog onbevroren protoplast.

Als de temperatuur niet beneden de waarde komt waarbij de ijsvormende deeltjes in het systeem het meest effectief zijn, zal de oplossing waarschijnlijk onderkoeld raken, dus een temperatuur bereiken beneden het theoretische

4. Osmose. Wanneer zich aan weerszijden van een semi-permeabele wand – bijvoorbeeld een celmembraan die wel water, maar niet de daarin opgeloste stoffen doorlaat – oplossingen bevinden met verschillende concentraties, dan zal door de membraan een waterstroom op gang komen die doorgaat totdat de concentraties van de oplossingen gelijk zijn. Bij vorst neemt, doordat een deel van het water buiten de cellen bevroert, de concentratie van de extracellulaire oplossing toe. Gevolg is dat water aan de protoplast wordt onttrokken. Omdat de protoplast een zekere druk tegen de celwand uitoefent, zal deze eerst afnemen, waarbij de cel een kleiner volume krijgt. Wanneer de celwand zijn minimale omvang heeft bereikt en het waterverlies doorgaat, zal de protoplast de celwand loslaten. Langzaam droogt de cel uit.

5. Een bevroren plant, zoals deze andijvie, ziet er dan ook vaak uitgedroogd uit.

6. Deze peregomen werden bij een dreigende nachtvorst beregend. Toen de vorst inderdaad intrad werd warmte aan het water onttrokken en niet aan de bloesem. De ijspegels zijn daarom geen bedreiging voor de plant, maar bieden juist bescherming.



4

5







6

vriespunt zonder te bevriezen. Onderkoeling schijnt geen schade te veroorzaken aan plantardige weefsels, mits deze toestand niet te lang blijft bestaan. Gewoonlijk herstelt de plant zich volledig nadat de temperatuur weer boven het vriespunt is gestegen. Het volume aan extracellulaire oplossingen zal door ijsvorming afnemen, maar de concentratie van de opgeloste stoffen neemt juist toe, waardoor de protoplast osmotische druk ondervindt. De gevolgen van de veranderde zoutconcentratie in de protoplast zijn van fysiologische en biochemische aard.

Er zullen eveneens spanningen ontstaan als gevolg van concentratieverschillen tussen specifieke intercellulaire bestanddelen. Er doet zich bovendien een aantal mechanische spanningen voor bij het plasmalemma daar het celwater wordt onttrokken door hypertoonische oplossingen buiten de cel en het volume van de protoplast afneemt. Over het algemeen is men

van mening dat de kans op vorstschade het grootst is als deze onvermijdelijke volumeafname zich voordoet. Aangezien het sinds kort mogelijk is stabiele protoplasten uit hogere planten te isoleren, zodat de celwand het onderzoek van de plasmamembraan niet verder bemoeilijkt, houdt men zich tegenwoordig hiermee intensief bezig.

Terwijl het volume afneemt schijnen stoffen onttrokken te worden aan de plasmamembraan die vaak in de vorm van blaasjes in de cel verloren gaan. Wanneer het gaat dooien en het ijs uit de extracellulaire holten verdwijnt, zal de osmotische toestand zich herstellen. De gekrompen protoplasten zullen water opnemen en proberen hun oorspronkelijk volume terug te krijgen. Als gedurende het krimpproces te veel plasmamembraanmateriaal verloren is gegaan, zal dit lekkage van de protoplast tot gevolg hebben voordat het oorspronkelijke volume is hersteld.



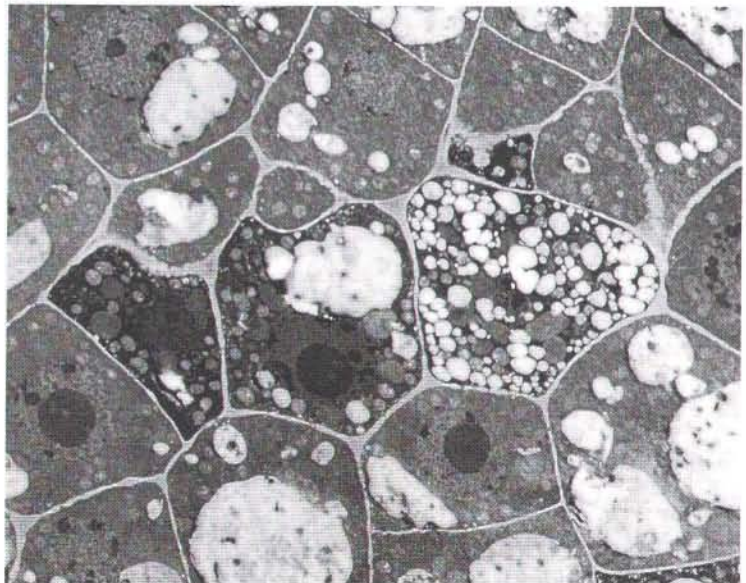
Bij onderzoek naar geïsoleerde protoplasten van hogere planten, die men om de vorstbestendigheid te vergroten heeft blootgesteld aan hardingsperiodes, is een interessante modificatie bij het verdwijnen van membraanmateriaal aangetoond. In dergelijke protoplasten raakt membraanmateriaal verloren, maar in de vorm van blaasjes die door membraanstrengen met het plasmamembraan blijven verbonden. Tijdens de dooi wordt dit materiaal weer door de protoplast opgenomen en dan kan de protoplast zich gemakkelijk herstellen tot zijn oorspronkelijke volume. Deze proeven met geïsoleerde protoplasten hebben een schat aan waardevolle gegevens opgeleverd, die van fundamenteel belang zijn voor de studie van vorstschade, maar de werkelijkheid, waarbij de celwand aanwezig is, is uiteraard nog ingewikkelder.

Als de ijskristallen in de celwand zich te dicht bij bouwelementen in de wandstructuur bevinden, kan dit vergroeiingen tot gevolg hebben, die tot mechanische spanningen in de celwand leiden, met storingen en daaraan verbonden schade. De spanningen kunnen worden overgebracht op de plasmamembraan daar waar deze vastzit aan de celwand en kunnen verantwoordelijk zijn voor nog grotere schade.

### Weerstandsmechanismen

Om in hun natuurlijke omgeving temperaturen onder nul te kunnen weerstaan, moeten planten als geheel een soort aanpassingsproces ondergaan ter verhoging van de vorstbestendigheid. Verandering in lichtsterkte, daglengte, temperatuur en een zeker gebrek aan water hebben te zamen een verlaging van de groeisnelheid tot gevolg, een verandering van de genexpressie en een verschuiving van het evenwicht in het metabolisme van actieve groei naar opslag. Als een plant niet beschikt over dit soort metabolische flexibiliteit kan zij waarschijnlijk geen noemenswaardige mate weerstand opbouwen en is zij gevoelig voor vorst. Een resistente plant kan schade van enige omvang vermijden, ook wanneer ze bloot staat aan de mechanische gevolgen van extracellulaire bevroering en de belasting ten gevolge van de veranderde waterhuishouding in de protoplast. Bovendien kan zij bij normale omgevingstemperaturen intra-cellulaire bevroering voorkomen. Osmotische aanpassing tijdens de aanpassing is normaal, met een verdubbeling van de concentratie aan cytoplasmatische stoffen waardoor het waterverlies door uitwendige bevroering bij een bepaalde temperatuur met 50% afneemt. Hierdoor wor-

7. De drie donkere cellen in het midden van deze top van een aardappelplant zijn ernstig beschadigd door de inwerking van vorst. De inwendige structuur is, vergeleken met de andere cellen, vrijwel verloren gegaan en er hebben zich rondom ijskristallen talrijke kleine vacuolen gevormd.





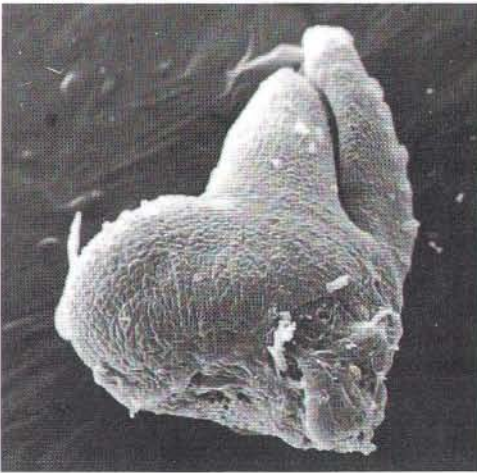
den de volumeafname en de daarbij behorende spanningen, en derhalve schade verminderd. Aanpassingen in de samenstelling en eigenschappen van de plasmamembraan verminderen eveneens de schade, doordat het met extracellulair bevroren verbonden, onomkeerbare verlies aan membraanmateriaal tot een minimum wordt beperkt.

Om de weerstand te vergroten moeten toxi-

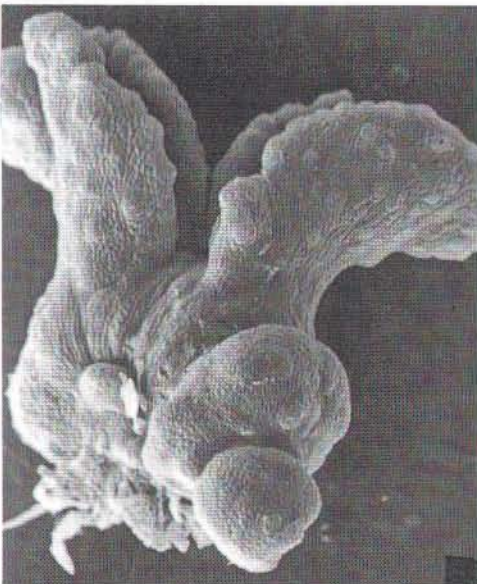
sche effecten als gevolg van de vermindering van het watergehalte in het celplasma worden gecompenseerd. Kwalitatieve en kwantitatieve veranderingen van de samenstelling van het celplasma kunnen een beschermend effect tot gevolg hebben waarbij bepaalde stoffen te zamen de toxiciteit verminderen. De toename van de concentraties van bepaalde specifieke verbindingen kan ook een bijzonder beschermend effect teweegbrengen. De suiker trehalose bijvoorbeeld stabiliseert membranen, en ook betaine en proline hebben een gunstige invloed op de membraanstabiliteit.

Bij sommige planten berust het weerstandsvermogen op het voorkomen van bevrozing van de meest gevoelige weefsels. In gebieden met matige, af en toe voorkomende vorst kan het voor planten gunstig zijn als het vocht in hun weefsel enigszins kan onderkoelen. Bladeren van de olijfboom hebben het vermogen om tot  $-10^{\circ}\text{C}$  te onderkoelen. Winterharde boomsoorten in Noord-Amerika en Azië moeten wel eens temperaturen kunnen weerstaan tot  $-40^{\circ}\text{C}$  en hebben een aantal weefsels, met name levende cellen uit het transportweefsel (xyleem), die niet tegen bevrozing bij dergelijke temperaturen bestand zijn. Deze moeten onderkoeld blijven en, om te overleven, contact met ijs voorkomen. Deze sterke onderkoe-

8



9



10



8, 9, 10. Voor het verkrijgen van zuivere cellijnen worden plantecellen met bepaalde erfelijke eigenschappen juist diep ingevroren, bijvoorbeeld in vloeibare stikstof. Dat de daarbij behorende beschermende maatregelen effect sorteren blijkt uit deze foto's. Afbeelding 8 toont een 0,4 mm grote groeipunt uit de top van een aardappelplant, die juist ontdood is. Korte tijd later is er al een miniem plantje met duidelijk herkenbare blaadjes uit gegroeid (9) en uiteindelijk krijgen we een plant die groot genoeg is om uitplant te worden (10).

## Vorstresistentie bij cultuurgewassen

Aan de Rijksuniversiteit Groningen wordt in het Biologisch Centrum onderzoek verricht naar de vorstresistentie bij planten, en dan vooral cultuurgewassen. Daarbij wordt ernaar gestreefd fysische en molekulaire-biologische methoden zo veel mogelijk op intacte planten toe te passen. Daarnaast wordt ook veel met celcultures gewerkt.

Bij onderzoek aan de aardappelplant wordt gebruik gemaakt van celcultures, waaruit na selectie op vorsttolerantie weer planten konden worden opgekweekt. De cellen werden niet direct geselecteerd op vorstresistentie, maar indirect op resistentie tegen hydroxyproline, een giftige analoge van proline. De geselecteerde cellen vertoonden een verhoogd prolinegehalte wat bijdraagt aan de membraanstabieliteit en de regulatie van de osmotische waarde van het cytoplasma. De onderzoeker Van Swaay toonde een duidelijk verband aan tussen het prolinegehalte van cellen gekweekt uit de bladeren van de aardappelplant en hun vorstresistentie. Werden uit deze cellen intacte planten gekweekt, dan bleek het prolinegehalte wat afgenomen te zijn. Daarmee samenhangend was ook de vorstresistentie verminderd. Bovendien bleek dat de vorstresistentie in intacte planten niet in afzonderlijke cellen tot stand komt, maar in de gedifferentieerde planteweefsels.

Van groot belang bij de vorstresistentie van planten is de mate waarin de plasmamembraan in staat is beschadiging door ijs te voorkomen. Membranen zijn opgebouwd uit eiwitten en lipiden (vetten) en beide componenten worden in Groningen onderzocht, waarbij vooral aandacht wordt besteed aan de vorstgevoelige thylakoïd-

membranen van de chloroplasten van bladeren en de vorstgevoeligheid van de fotosynthese. Daarbij kwam aan het licht dat sulfhydryl (SH)-groepen in de membraaneiwwitten worden geoxydeerd tot disulfidebruggen, met als gevolg dat het eiwit denatureert. De aanwezigheid van glutathion, een eiwit dat in chloroplasten voorkomt en een anti-oxydatieve functie heeft, kon dit niet voorkomen.

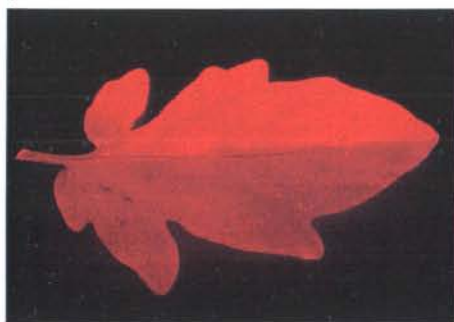
Aanpassingen aan vorst kunnen ook met het lipidemetabolisme gecorreleerd worden. In samenwerking met het Hongaarse Centrum voor Landbouwkundig Onderzoek werden de membranen van vorstgevoelige en -resistente tarwerassen vergeleken. In de resistente rassen bleken lipidemolekulen relatief vaker galactosegroepen te bevatten, dan bij de gevoelige rassen. Deze biochemische omvorming leidt tot een grotere fysische stabiliteit van de membranen.

Een andere ingang tot het onderzoek naar vorstresistentie in de chloroplast is het meten van het elektronentransport in de chloroplasten met behulp van chlorofylfluorescentie. Deze bepalingen kunnen aan intacte planten worden uitgevoerd en desnoods aan planten en bomen buiten. Men gaat er daarbij van uit dat bij een vermindering van het elektronentransport een groter deel van de door de chloroplast geabsorbeerde zonne-energie wordt afgegeven in de vorm van warmte of door uitstraling van licht (fluorescentie). Voordeel van deze methode is dat een molekulaire-fysisch proces bestudeerd kan worden, rekening houdend met alle regulatiemechanismen die een intacte plant nu eenmaal kent. Zij kan in principe gebruikt worden voor de studie van elke willekeurige stressfactor en de invloed

1-1. De invloed van vorst op de chlorofylfluorescentie van een tomatenblad. Het bovenste deel van het vorstgevoelige blad is 30 minuten aan  $-2^{\circ}\text{C}$  blootgesteld, de andere helft is bij kamertemperatuur gehouden. De fluorescentie, in de vorm van uitstraling van rood licht, is intens in het bovenste deel waar het elektronentransport in de chloroplast door de vorst sterk geremd is.

1-2. De relatie tussen de vorsttolerantie van aardappelbladeren en het gehalte aan proline. De tolerantie is uitgedrukt in de zogenaamde Frost Killing Temperature, de temperatuur waarbij de plantecellen gedood worden.

1



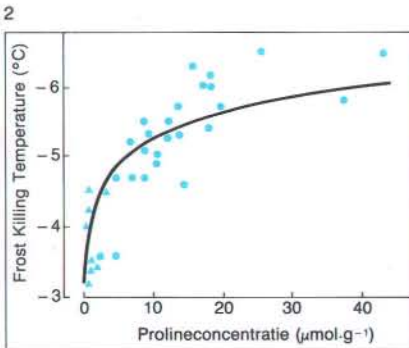


daarvan op planten. Behalve de invloed van temperatuurstress wordt er ook mee onderzocht welke aanpassingen bij gewassen het mogelijk maken om ze bij een lagere kas-temperatuur te kweken en wat de invloed van zure regen en andere vormen van luchtverontreiniging op de fotosynthese is.

Interessante resultaten leverde het onderzoek naar de wisselwerking tussen milieu en vorsttolerantie bij houtige gewassen op. Dit onderzoek werd uitgevoerd in samenwerking met onderzoekers in Wageningen en de Verenigde Staten. Genoemde wisselwerking blijkt zeer sterk bepaald te worden door de volgorde van de natuurlijke seizoenen. Appelbomen en grove dennen werden opgekweekt bij lage ( $0^{\circ}\text{C}$ ) en hoge ( $20^{\circ}\text{C}$ ) temperaturen en korte en lange dag (9 en 14 uur licht per etmaal). Bovendien werd een deel van de bomen verplaatst naar andere combinaties van temperatuur en daglengte. Zoals te verwachten was, bleek opkweken van bomen bij  $0^{\circ}$  of korte dagen de vorstresistentie veelal te verhogen.

Het verplaatsen van bomen van zomer- naar wintercondities resulteerde in een afname van de vorsttolerantie. De juiste volgorde, in overeenstemming met het verloop van de natuurlijke seizoenen, van milieuveranderingen bleek noodzakelijk voor de realisatie van vorstresistentie. Omdraaien van bovengenoemde volgorde dereguleerde de boom met als gevolg verhoging van de vorstgevoeligheid.

**Prof dr ir P.J.C. Kuiper**  
Vakgroep plantenfysiologie  
Rijksuniversiteit Groningen



11

11. Vorst aan de grond blijft, ondanks alle pogingen de resistentie te vergroten, een bedreiging voor het gewas.

ling van bepaalde weefsels wordt mogelijk gemaakt doordat celwandstructuren in de plant het voortschrijden van ijsvorming naar gevoelige weefsels in de weg staan en aldaar geen kernvorming van betekenis kan plaats vinden. In zeer koude gebieden kunnen de bloemknoppen van een aantal soorten, bijvoorbeeld de *Rhododendron jarponicum*, eveneens tot vrij lage temperaturen onderkoelen. Ook bij deze soorten wordt het contact tussen ijs en gevoelig weefsel door bepaalde eigenschappen van de celwand voorkomen. Van een aantal soorten, bijvoorbeeld bij de *Abies vetchii*, is bekend dat het beschermende proces op eenzelfde wijze plaatsvindt, maar dat de ijsvorming wordt tegengehouden door de holte rond het merg. Het ziet er echter naar uit dat hoewel selectieve onderkoeling effectief is, deze vorm van vorstbescherming vrij zeldzaam is.

#### Bronvermelding illustraties

Wolfgang Volz/bild der wissenschaft: opening.  
Nederlandse Fruittelers Organisatie, Den Haag: 2, 6.  
Wim Köhler, Cadier en Keer: 5, 11.  
Vakgroep plantenfysiologie, R.U. Groningen: 1-1, 1-2.  
Alle overige illustraties zijn van de auteur.

# ANALYSE & KATALYSE

INTEGRATIE VAN WETENSCHAP EN TECHNOLOGIE IN DE SAMENLEVING

Onder redactie van ir. S. Rozendaal.

Joost van Kasteren

## “Goedemorgen mijne heren”

Het mannenbolwerk der natuurwetenschap

**H**oewel het percentage gestadig stijgt, wordt het aantal vrouwen dat natuurwetenschappen of techniek studeert niet snel groter. Bij een Technische Universiteit als die in Delft ligt het percentage op minder dan tien procent. Bij studierichtingen als pedagogie daarentegen is het toch al gauw zeventig procent. Vrouwen laten zich blijkbaar afschrikken door het mannenbolwerk dat de natuurwetenschappen nog altijd zijn. Toch is de opmars van vrouwen in de natuurwetenschap onmiskenbaar. Twintig jaar geleden bedroeg het aantal vrouwen op de toenmalige Technische Hogeschool nog geen anderhalf procent. Er is dus sprake van een stijging, zij het een lichte.

### Barst

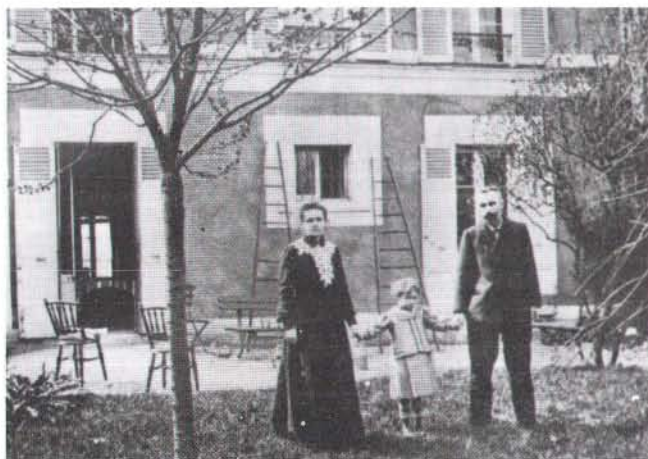
**E**en barst in het bolwerk, zo noemden de samenstellers een onlangs verschenen bundel opstellen over bèta-vrouwenstudies. Een barst die op den duur uit moet groeien tot een bres, waardoor uiteindelijk zeer veel vrouwen via hun studie het traditionele mannen-

bolwerk der bèta-wetenschappen binnenstromen. De vraag is of dat lukt. Tijdens de eerste feministische golf (suffragettes) die duurde van circa 1880 tot 1920 werd ook een stormloop ondernomen op dit bolwerk. Aan de TH Delft studeerden toen honderd vrouwen, vijf procent van het totaal aantal studenten. Bij de faculteiten wis- en natuurkunde liep het aantal vrouwen in 1915 zelfs op tot 45 procent. In de daarop volgende jaren bleek het burgerlijke ideaal van liefde, huwelijk en moederschap toch sterker dan het gelijkheidsideaal van het feminisme. Niet alleen namen steeds minder vrouwen deel aan het onderwijs in de

bèta-wetenschappen, bij de vrouwen die een studie volgden, bleek het merendeel dat niet te doen om later een beroep uit te oefenen, maar uit de behoefte aan een zekere intellectuele ontwikkeling.

Frida de Jong beschrijft dat laatste heel aardig in haar bijdrage in de bundel aan de hand van de stukjes in de almanak van de Delftse Vrouwelijke Studenten Vereniging. In het begin gaan die nog over de zware verantwoordelijkheden die de vrouwen later te wachten staan in hun werkring; later worden ze aangespoord om toch vooral te genieten van de studententijd. De eerste stormloop op het bolwerk der bèta-wetenschap-

Een uitzonderlijk gezin:  
Marie en Pierre Curie  
met hun dochter Irene.  
Gedrieën goed voor  
vier Nobelprijzen.







Barbara McClintock moest dertig jaar op haar Nobelprijs wachten, vanwege haar niet-hiërarchische genetische theorie (Foto: ANP).

pen is dus eigenlijk op niets uitgelopen. De tweede stormloop, begonnen zo rond 1970, duurt nog te kort om te kunnen oordelen over het succes ervan.

### Drempels

Verspreid over de bijdragen van de bundel (ter gelegenheid van tien jaar bèta-vrouwenstudies) wordt een aantal factoren genoemd, dat bepalend lijkt voor het succes van vrouwen in de natuurwetenschappen en techniek. De eerste drempel ligt al op de lagere school. Poppen versus auto's om de psycho-analytische verklaringen samen te vatten. Deze selectie wordt verder versterkt op de middelbare school: natuur-, schei-, en wiskunde zijn niets voor meisjes, zo meent de directe omgeving – ouders, leraren en medeleerlingen – en niet in de laatste plaats de vrouwen zelf. Te weinig meisjes halen een

brommer uit elkaar, zetten een kristalontvanger in elkaar of verwisselen een kapotte lamp. Dat wreekt zich zowel wat betreft belangstelling voor natuurwetenschappen als wat de vaardigheden betreft in de elementaire omgang met techniek. De vraag overigens of het nieuwe middelbare schoolvak 'techniek' mogelijk een oplossing is, komt in de bundel helaas niet aan de orde.

In een bijdrage aan de bundel over natuurkunde-onderwijs (de sluis tot een bèta-opleiding), stellen Annita Alting e.a. dat docenten zich (on)bewust toch meer op de jongens in de klas oriënteren dan op de meisjes, ook al zijn de prestaties van de laatsten even goed. Men kan zich in dat verband afvragen of de gemengde school wel zo'n vooruitgang is vergeleken met de tijd dat jongens en meisjes nog aparte scholen bezochten. Op de meisjesschool waren de docenten wel gedwon-

gen hun enthousiasme over te dragen op meisjes, want er was geen alternatief.

### Socialisatie

De tweede drempel is de studiekeuze. Gelukkig is de tijd voorbij dat ouders vonden dat een meisje na de middelbare school wel voldoende had aan een jaartje 'vormingsklas'. Toch ondervinden meisjes nog steeds een zekere druk om een studierichting te zoeken in de 'zachte' sector. Er zijn in Nederland ook weinig voorbeelden: vrouwen die het hebben gemaakt in de bèta-wetenschappen. Een keuze is dan moeilijker omdat de voorbeeldwerking ontbreekt. In een land als Bulgarije bestaat veertig procent van de ingenieurs uit vrouwen en is het veel minder vreemd als iemand techniek gaat studeren.

## Een barst in het bolwerk van de $\beta$ -wetenschappen

Een derde drempel is de studie zelf. In de bundel wijst Ellen van Oost, werkzaam op de Universiteit Twente op de problemen die een vrouw ondervindt in een gezelschap mannen. Bekend is dat succes in de studie (dat geldt ook voor mannen) in belangrijke mate afhangt van de mate van socialisatie, het vinden van aansluiting bij medestudenten en docenten. Hoe beter je je thuisvoelt, des te beter de studieresultaten. Juist op het punt van socialisatie lopen vrouwen in een overwegend mannelijke gemeenschap tegen belemmeringen op. Als enig meisje in een groep stu-



denten gelden zij als 'token', als een soort mascotte.

Een simpel voorbeeld: De bekende college-opening 'Goedemorgen mijne heren... eh en dame' is niet bevorderlijk voor het op je gemak voelen.

## Libido

Afgezien van de uitzonderingspositie worden meisjes in een overwegend mannelijk gezelschap ook vaak gezien als stereotype voor alle vrouwen. Als ze een goed cijfer haalt, zal dat wel komen omdat ze appelleert aan het libido van de docent. Als ze een slecht cijfer haalt, denkt men al gauw 'och, het is een vrouw'. Tenslotte zegt Ellen van Oost (overigens niet in de bundel) dat ze het idee heeft dat meisjes vaak gebruikt worden door jongens om eens lekker problemen te spuien. Er zijn verhalen van meisjes die niet meer toekomen aan hun studie, omdat ze voor tientallen jongens de sociaal werkster uit moeten hangen.

Ook na de studie ontmoeten vrouwen problemen, als zij een wetenschappelijke carrière ambiëren. Van een promovendus verwacht men dat hij of zij zestig uur per week werkt. Dat kan alleen maar

ontmoet dus een groot aantal belemmeringen. Deze zijn onafhankelijk van de aard van de bèta-wetenschappen. Het zijn vooral 'maatschappelijke' drempels. De vraag die in de bundel een aantal keren wordt opgeworpen is of er ook wetenschappelijke drempels zijn. Drempels in de zin dat het huidige kennisbolwerk naar zijn aard 'masculien', mannelijk, is.

Ellen van Oost meent dat een groter aantal vrouwelijke ingenieurs op den duur kan leiden tot een meer 'humane' technologie, omdat vrouwen minder 'object'-gericht zijn dan mannen. Een studente bijvoorbeeld die problemen had met het technocratische karakter van de ingenieursopleiding stortte zich op het aanleggen van drinkwatervoorzieningen in het kader van ontwikkelingshulp. Dat is nog maar een voorzetje voor de discussie. Andere auteurs van de bundel leunen nogal zwaar op de geschriften van Evelyn Fox Keller, een Amerikaans wiskundige en feministe.

Fox Keller beweert dat de natuurwetenschappen, gebaseerd als zij zijn op objectiviteit en hiërarchische ordening van de natuur, niet waarde-vrij zijn, doch inherent 'masculien'. Ten bewijze voert zij

heid als zou het erfelijkheidsmechanisme qua hiërarchie vergelijkbaar zijn met de kloosterorde van Mendel.

## Moeder

Christien Brouwers vermeldt in haar bijdrage auteurs die nog een stapje verder gaan en menen dat de beeldvorming over de natuur bij (mannelijke) onderzoekers, nog steeds geïnspireerd wordt door de ideeën van Francis Bacon en later Henry More. Bacon zag de relatie tussen onderzoeker en natuur als die tussen man en vrouw, waarbij de onderzoeker de natuur onder druk zet en penetreert teneinde haar te beheersen. Henry More is minder agressief. Hij ziet de relatie tussen onderzoeker en natuur meer als de verhouding zoon-moeder (moeder Natuur), waarbij de onderzoeker respect en eerbied voor zijn onderzoeksobject heeft. Beide metaforen komen we, aldus Brouwers, heden ten dage nog tegen onder onderzoekers, respectievelijk in de 'harde' bèta-wetenschappen en de 'zachte' biologie/ecologie.

In een aantal bijdragen aan de bundel gaan ook andere auteurs in op de vraag in hoeverre mannelijke vooringenomenheid de wetenschappelijke kennis beïnvloedt. Zelfs in de studie van de vroege ontwikkeling van de mens zou dat aan te tonen zijn. De belangrijkste kenmerken van hominiden zijn het lopen op twee benen, het gebruik van werktuigen en de voeding. In de ontwikkelingsgang der mensheid zijn de eerste twee kenmerken ontstaan doordat de man erop uit trok om te gaan jagen. Op de wijde savanne bood het recht lopen een belangrijk voordeel, omdat men verder om zich heen

## Te weinig meisjes halen een brommer uit elkaar

als de verzorging thuis goed geregeld is en dat valt voor veel vrouwen nauwelijks te doen. Ook het krijgen van kinderen betekent voor de meeste vrouwen, overigens niet alleen in onderzoekbanen, een breuk in hun carrière.

Een vrouw die carrière wil maken in de bèta-wetenschap

daarvoor het werk van Barbara McClintock aan. Deze biologie, die de 'springende genen' in mais ontdekte, moest niet alleen omdat zij een vrouw was, dertig jaar op een Nobelprijs wachten. Het bestaan van springende genen is, aldus Fox Keller, in tegenpraak met de onuitgesproken mannelijke vooringenomen-



kon kijken. Werktuigen, pijlen en speren, maakten het doden van grote dieren gemakkelijker. Er is ook een compleet tegenovergesteld verklaring mogelijk. Het wonen in de savanne, maakte het noodzakelijk om voedsel te verzamelen. De jacht, aannemende dat dat een 'mannenzaak' was, was een te onzekere bron van aanvoer. Vrouwen, genoodzaakt om kinderen te zogen en verzorgen, verzamelden voedsel en daarbij was het handig als ze rechtop liepen omdat ze dan twee handen vrij hadden. Het nuttigen van verzameld voedsel dwong ook tot gebruik van werktuigen. Som-

**In de bèta-wetenschappen hebben de weinige vrouwen vaak een soort mascotte-functie.**



mig voedsel is pas eetbaar als een harde schil of schaal verwijderd is met behulp van een werktuig. Ook werktuigen zouden dus in eerste instantie door vrouwen zijn ontwikkeld. De evolutie van aap tot mens, tot uiting komend in rechtoplopen en gebruik van werktuigen is kortom via de vrouw-verzamelaar en niet via 'man als jager' verlopen.

### Ontmaskering

**D**e huidige verklaringsmodellen in de natuurwetenschap zijn gekleurd door mannelijke vooringenomenheid. De wetenschap is niet 'seks-vrij' zo stelde onder meer Saskia Evers van de Universiteit Twente. Het 'ontmaskeren' van een dergelijke vooringenomenheid van de wetenschap sluit aan bij een ontwikkeling in de wetenschaps-

filosofie, begonnen met Thomas S. Kuhn. Anders dan vroegere wetenschapsfilosofen stelde Kuhn in het begin van de jaren zestig dat de groei van wetenschappelijke kennis, de kennisverwerving, een sociaal proces is dat beïnvloed wordt door sociale en psychologische factoren. Radicalere filosofen na Kuhn meenden dat als gevolg daarvan, de 'waardenvrije', rationele gevestigde kennis een maatschappelijke 'bias', een vertekening, heeft. Met andere woorden: het rationele bolwerk, aangeduid als (bèta)-wetenschappelijk, bestaat voor een deel uit niet-rationele waarden en normen. Zo is de alchemie verdrongen door de analytische chemie, zonder dat de één wetenschappelijker zou zijn dan de andere.

In de bijdragen aan de bundel blijft deze kijk op wetenschap vooral een hypothetische, ge-

steund door geïsoleerde voorbeelden als de springende genen van Barbara McClintock, de ontwikkeling der hominiden (overigens geen erg harde bèta-wetenschap) en het onderzoek naar verschil in hersenspecialisatie tussen vrouwen en mannen.

De vraag of bèta-wetenschappen inherent vrouwonvriendelijk zijn blijft dan ook in de lucht hangen. De vraag is trouwens of dat belangrijk is. Chemie en astronomie hebben indertijd de strijd niet gewonnen op grond van een betere interne logica; wellicht wél omdat ze beter bruikbaar bleken te zijn als verklaringsmodel en als basis voor allerlei toepassingen.

'Een barst in het bolwerk. Vrouwen, natuurwetenschappen en techniek'. Red.: Joke 't Hart e.a. SUA, Amsterdam, 1986.



# Kinderen à la carte

Peter Mombaerts

Het is nu al meer dan acht jaar geleden dat de eerste reageerbuisbaby op de wereld kwam. Voor het eerst was men er bij de mens in geslaagd om de bevruchting buiten de natuurlijke omgeving te laten plaatsvinden en de vrucht vervolgens normaal in de baarmoeder te laten opgroeien. Sindsdien zijn duizenden van deze 'reageerbuisbaby's' het lijden van hun voorheen onvruchtbaar geachte ouders komen verlossen. Varianten van in vitro fertilisatie (IVF), zoals surrogaatmoederschap, eiceldonatie en diepvriesembryo's, werden met succes uitgeprobeerd.

## Wordt de natuurlijke voortplanting enkel nog een zaak voor een handjevol natuurliefhebbers?

Met de reageerbuisbevruchting heeft de mens zijn macht over zijn eigen voortplanting op een verregaande wijze uitgebreid. Nadat kunstmatige anticonceptie seksualiteit ontkoppeld heeft van voortplanting, is thans voortplanting zonder seksualiteit mogelijk geworden. De ingrijpende macht over zijn eigen voortplanting stelt de mens ook voor nieuwe ethische verantwoordelijkheden. Er zijn evenwel op dit gebied heel wat onderzoekers die niet onmiddellijk gebukt lijken te gaan onder hun zware ethische verantwoordelijkheid.

Zo deden de pioniers van de reageerbuisbevruchting, de Britten Robert Edwards en Patrick Steptoe, al bij herhaling heel wat stof opwaaien met hun provocerende voorstellen. Transplantatie van menselijke embryo's in baarmoeders van dieren en aanleg van banken van reserveorganen uitgaande van door reageerbuisbevruchting ontstane menselijke embryo's, behoren tot de onstuitbare fantasie van dit notoire duo, dat overigens grote verdiensten heeft voor de wetenschap.

Een belangrijke rol speelt de overdadige en onverantwoord eenzijdige belangstelling van bepaalde op sensatiezucht beluste media en de medeplichtigheid van een aantal vorsers en artsen hieraan. Het begon al bij de eerste proefbuisbaby, Louise Brown, toen de ouders voor grof geld hun verhaal exclusief verkochten aan een populaire Britse krant. Edwards en Steptoe aarzelden vervolgens niet om hun ervaringen zonder veel reserves neer te pennen in een zoetgevoisd dagboek met de veelzeggende titel: "A Matter of Life. The Story of a Medical Breakthrough".

Doch steeds vaker gaan er kritische stemmen op, waar moet dit allemaal naar toe? Nu de reageerbuisbevruchting haast tot routinetechniek geworden is, die bovendien niet ontgaan is van bijzonder lucratieve aspecten, worden meer en meer mensen, ook politici, zich bewust van de ethische verantwoordelijkheid en ethische grenzen. Zo kondigde in augustus 1986

de Australische staat ook een 'primeur' aan. De *Infertility Medical Procedures Act* brengt onderzoek naar de reageerbuisbevruchting nagenoeg tot stilstand en vaardigt celstraffen uit tot maar liefst vier jaar voor bepaalde manipulaties met menselijke embryo's. De *Act* geeft in essentie dezelfde status aan een bevruchte eicel als aan een pasgeboren kind. In september stelde de *Raad van Europa*, die weliswaar geen concrete juridische macht heeft, een set richtlijnen op over het gebruik van menselijke embryo's. In december schreef de Britse regering een nieuwe brede consultatie over de reageerbuisbevruchting uit onder alle betrokken geledingen, om het rapport van het *Warnock-comité* van 1984 up to date te brengen. In Vlaanderen tenslotte bereid men onder impuls van de politieke overheid een bio-ethisch colloquium voor waarin ook over de reageerbuisbevruchting gediscussieerd zal worden.

Er gist dus duidelijk wat onder de beleidsverantwoordelijken.

## Een twijfelaar

Ook sommige onderzoekers beginnen zich ernstige vragen te stellen. Eind september veroorzaakte Jacques Testart, een leidende Franse expert, een schok in het wereldje van onderzoekers op dit gebied door publiekelijk te verklaren zich uit de 'race om primeurs' terug te trekken en bepaalde projecten van zijn onderzoek naar de reageerbuisbevruchting om ethische redenen te stoppen. Testart was de wetenschappelijke vader van de eerste Franse proefbuisbaby, Amandine (1983), en heeft sindsdien meer dan 200 reageerbuisbaby's op de wereld gebracht. Hij kan dus zeker



niet van opportunisme of frustraties wegens mislukkingen verdacht worden. Tege-lijk publiceerde Testart 'L'Oeuf Transparent'

Het is een ietwat dubbelzinnige schuldbekenenis geworden van een eeuwige twijfe-laar. Testart beschrijft zich-zelf als een voormalig militair trotskist en blijkt na de schok van '68 nog altijd niet goed te weten wat hij wil. Terwijl Testart steeds weer waar-schuwt voor de 'perversies' van de nieuwe voortplan-tingstechnieken en de sensa-

bevruchte eicel. Door een cel uit het prille embryo, dat na-dien tijdelijk ingevroren wordt, op te kweken, kan men met behulp van DNA-sondes in principe een volledi-ge genetische identiteitskaart van het embryo opstellen. Men zal op voorhand zijn ge-netische eigenschappen, zoals het geslacht en de kleur van de ogen, kunnen bepalen. De weg naar een efficiënte euge-netica ligt dan open.

Het grote gevaar bestaat dat men ongemerkt, stap voor stap, zover zal komen, zonder

eugenetische doeleinden.

Verder waarschuwt hij voor andere 'perversies' zoals ver-smelting van eicellen van een lesbisch koppel, klonering van embryo's, banken van embryonale reserve-organen, mannelijke zwangerschappen en menselijke zwangerschap-pen bij dieren.

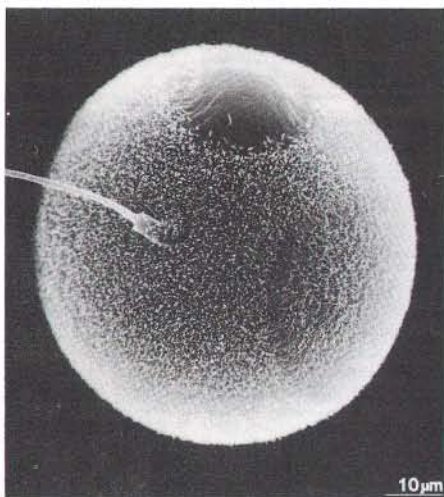
### Moratorium

Testart roept dan ook op tot een 'revolutionair morato-rium op het idee zelf van de vooruitgang'. Het is volgens hem beter dergelijk onder-zoek volledig te staken, al was het maar tijdelijk, dan het ri-sico van ontsporingen te ne-men.

Helemaal revolutionair zou een dergelijk vrijwillig mora-torium op wetenschappelijk onderzoek overigens ook weer niet zijn. Tien jaar gele-den werd onder impuls van pionier Paul Berg tot een mo-ratorium op recombinant-DNA-onderzoek tijdens de *Asilomar*-conferentie in Cali-fornië beslist. Men vreesde dat genetische gemanipuleer-de bacteriën in de vrije natuur terecht zouden komen en er catastrofes zouden aanrich-ten, een vrees die later onge-grond is gebleken.

Doch de ethische problemen zijn bij de reageerbuisbe-vruchting van een gans andere orde. Jacques Testart heeft dan ook gelijk. De science fic-tion van vandaag is inderdaad veelal de realiteit van morgen. Voor we het goed beseffen, zal het mogelijk zijn om onze kinderen 'à la carte' te bestel-len. Als wellicht over enkele decennia genetische manipu-latie bij menselijke embryo's mogelijk is, geraken we regel-recht in *Brave New World*-achtige toestanden verzeild.

"L'Oeuf Transparent", Jacques Tes-tart, Uitg. Flammarion, okt. 1986.



De bevruchting van een eicel; steeds vaker buiten de ei-leider (Foto: Hawaii University).

tijacht van de pers hekel, schrijft hij toch met verve over zijn vroegere werk en schuwt ook hij enige sensatie-zucht niet, onder meer met volstrekt overbodige details over IVF-echtparen.

Dit doet evenwel niets af aan zijn waarschuwingen. Testarts grote vrees is het samen-gaan van een *médecine pro-créative* met een *médecine prédictive*. Toepassing van de gentechnologische methoden op de reageerbuisbevruchting zal leiden tot het volledig 'doorzichtig' maken van de

dat iemand dat eigenlijk ge-wild heeft. Geruisloos, zon-der bewuste politieke beslis-singen, zal de reageerbuisbe-vruchting volgens Testart afglijden tot een beter alterna-tief voor de natuurlijke voort-plantingsroute, die dreigt al-leen nog maar beoefend te zullen worden door een hand-jevol natuurminnaars. Testart verzet zich niet tegen geneti-sche screening, indien deze enkel tot de preventie van ern-stige afwijkingen beperkt zou blijven, maar vreest het al-gemeen gebruik ervan voor



## Vragen rond een virus

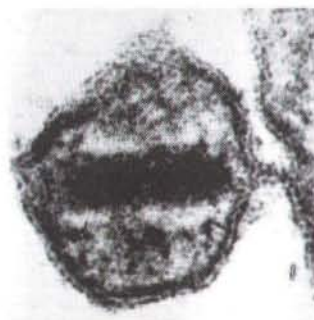
Het staat buiten kijf dat Aids een epidemie van bijna Middeleeuwse allure aan het worden is. In Centraal-Afrika is al tien tot twintig procent van de bloeddonors besmet. Daar is het *acquired immune deficiency syndrome* letterlijk een ramp van de eerste orde. Ook in de VS en Europa begint de situatie ernstig te worden. Het aantal slachtoffers valt tot nu toe weliswaar mee: ruim tweehonderd in Nederland en een kleine veertigduizend in de wereld. Dat is in vergelijking met het verkeer, laat staan de pest of de 'gewone' Spaanse griep, nog steeds bescheiden. Het beangstigende van Aids is echter dat het aantal patiënten zich voortdurend verdubbelt (om de elf maanden in Nederland), vervolgens dat het aantal mensen dat het virus zonder het te weten onder de leden heeft veel groter is dan het aantal mensen dat echt aan de ziekte lijdt, plus dat zich vooralsnog geen echt geneesmiddel noch vaccin aandient.

Voeg daarbij dat het om een ziekte gaat die niet alleen dodelijk is maar bovendien haar pijlen richt op uiterst intieme zaken als geslachtsdelen en bloed en men zal begrijpen dat er rond Aids een hele stoet van problemen wacht. Hier volgt een opsomming van enkele heikele thema's:

Bij één van de eerste mogelijke geneesmiddelen die zich aandient, heeft men de procedures die voor de introductie van nieuwe middelen gelden, niet gevolgd. Het betreft hier het middel azidothymidine

(AZT), dat bij sommige Aids-patiënten de ziekte enigszins onder de duim lijkt te houden. Het is geen geneesmiddel in de zin dat de ziekte verdwijnt en ook ontstaat er als neveneffect ernstige bloedar-moede door, maar voor het eerst is er nu een middel dat tenminste *iets* lijkt te doen. De normale procedure in dit soort gevallen is dat men een *dubbelblinde test* uitvoert. Twee statistisch verantwoord samengestelde groepen patiënten krijgen dan het te onderzoeken middel dan wel een placebo.

## Geld, ruzie en ethiek achter Aids



Het HTLV-III virus, gefotografeerd door Gallo.

Op deze wijze kan men precies bepalen hoe goed het nieuwe middel werkt en ook voor welke symptomen het geschikt is. Bovendien krijgt men zicht op de neveneffecten. In september 1986, werd de dubbelblinde proef echter gestopt. De aanleiding was nobel: men wilde de Aids-patiënten in de andere groep (die van de placebo's) die kleine strohalm, kans op uitstel

van de dood en misschien zelfs wel op genezing niet wegnemen. Van de 137 patiënten die de placebo hadden gekregen waren er namelijk zestien gestorven en van de 145 die AZT kregen maar één.

Vervolgens werd het geneesmiddel al binnen enkele weken in Amerikaanse ziekenhuizen voorgeschreven. Voor wie weet hoe lang de registratieprocedure van een geneesmiddel gewoonlijk duurt – eerder jaren dan maanden – is dat aanleiding om de wenkbrauwen te fronsen. Het is onmiskenbaar dat zowel het testen van het middel AZT als de overheidsgoedkeuring niet op de normale, wetenschappelijk verantwoorde wijze is geschied. Natuurlijk, het gaat om humanitaire drijfveren, maar zoals altijd gaat het er tevens om of het doel alle middelen heiligt.

## Chimpansees

Hiermee verwant is de roep die men in de vakliteratuur vaker tegenkomt om de fase waarin nieuw ontwikkelde vaccins op apen (met name chimpansees) worden uitgetest, maar over te slaan. Dat testen duurt op zijn minst een jaar en bovendien zijn er niet zo verschrikkelijk veel apen beschikbaar waar men een Aids-vaccin op kan uittesten.

De chimpansee is een bedreigde diersoort. In de VS zijn er ongeveer 1600, waarvan driehonderd voor Aids-onderzoek. Daarvan zijn er al zo'n honderd toegekend, maar er wordt zoveel Aids-onderzoek gedaan in de VS dat het dringen wordt rond de apen.

Ook in Nederland tekent die situatie zich af. Het Primatecentrum van TNO in Rijswijk heeft zo'n 140 apen waarvan ongeveer twintig



voor Aids-onderzoek. De eerste schermutselingen over wie de chimpansees mag inspuiten zijn er al. Zo wil het Centraal Laboratorium van de bloedtransfusiedienst in Amsterdam dit jaar een nieuw middel (dat in noodgevallen een bescherming van twee à drie maanden tegen Aids kan bieden) op zeven chimpansees uitproberen. De coördinator van het Nederlandse Aids-onderzoek prof dr E.J. Ruitenberg, vraagt zich in dat verband af: "Wie beslist er over het inzetten van de apen? Het primaten centrum, de Nederlandse overheid of de EG?"

Naar aanleiding van het touwtrekken om de chimpansees heeft de Amerikaan Robert Gallo, een van de leiders van het Aids-onderzoek, bepleit om de chimpansees maar helemaal over te slaan. Volgens Gallo is het dan mogelijk om eerder dan pas over vijf jaar – de termijn die door de meeste onderzoekers wordt genoemd – een vaccin klaar te hebben. Gallo vindt het bovendien ook wetenschappelijk niet vanzelfsprekend om chimpansees te gebruiken. Gallo: "Als een mogelijk vaccin niet in chimpansees werkt, dan betekent dit niet dat het in mensen ook niet zal werken".

Maar ja, die houding betekent dat er een groter belang wordt gehecht aan de eerste tests van Aids-vaccins op menselijke vrijwilligers. Die zullen bij een dergelijke ziekte niet staan te dringen, al verzekert elke onderzoeker hen dat

ze de ziekte er niet door zullen krijgen. Feit is en blijft nu eenmaal dat vaccinatie is gebaseerd op inenting met de ziekteverwekker zelf: in gedode of verzwakte vorm, dan wel in onderdelen. Bij de Amerikaanse Food and Drug Administration, de overheidsinstantie die over dit soort zaken gaat, heeft men daarom uitgesproken dat de eerste vrijwilligers mensen zouden moeten zijn "die enig risico lopen om Aids te krijgen".

### Commercie

Met Aids is veel geld gemoeid. Om een voorbeeld te geven: een Aids-patiënt kost de overheid jaarlijks één tot drie ton. De VS besteedde, een ander voorbeeld, in 1985 zestig miljoen dollar om bloed op Aids te screenen. Dat bedrag is, tussen twee haakjes, vele malen groter dan het totale gezondheidszorgbudget van menig Centraalafrikaanse land. Als de ziekte zelf zo kostbaar is, dan valt er vanzelfsprekend veel te

verdiene aan geneesmiddelen en vaccins. Alleen al de markt voor de Aids-test (die kijkt of er in het bloed antistoffen tegen Aids zitten) werd in 1986 op 100 miljoen gulden geschat. Die markt kan, als, waarschijnlijk in 1988, de tweede generatie Aids-tests (die gericht naar de aanwezigheid van het virus zelf kijken) beschikbaar komen, uitgroeien tot 400 miljoen gulden in 1992.

Een markt voor geneesmiddelen en vaccins bestaat nu nog nauwelijks, al is het bedrijf Burroughs Wellcome, dat AZT produceert, zeer tevreden over het besluit van de Amerikaanse overheid om hun middel zo snel toe te laten. De verwachting is dat de markt voor geneesmiddelen in 1992 1,2 miljard gulden zal bedragen en die voor vaccins ruim 700 miljoen gulden.

Nogal wat onderzoekers vragen zich bezorgd af hoe het met de wetenschappelijke integriteit moet als er zulke grote economische belangen op het spel staan.



**L. Montagnier in zijn laboratorium in Parijs. Was hij de echte ontdekker van het AIDS-virus? (Foto: Institut Pasteur, Parijs).**



## Ruzie

Een eerste aanwijzing wordt in dit verband geleverd door de ruzie tussen Luc Montagnier en Robert Gallo. Zij zijn de onbetwiste pioniers van het Aids-onderzoek en zijn in een heftige strijd gewikkeld om wie nu de echte ontdekker van het Aids-virus is.

Robert Gallo van het National Cancer Institute in Maryland, VS, was aan het begin van de jaren tachtig de eerste die suggereerde dat Aids misschien wel eens veroorzaakt zou kunnen worden door een retrovirus. Een retrovirus heeft geen DNA maar RNA als erfelijk dragermateriaal. Gallo had eerder al een retro-

virus bij mensen aangetoond, het virus HTLV-I dat leukemie kan veroorzaken. Gallo vermoedde dat Aids door 'zijn' HTLV-I werd veroorzaakt en ging op zoek.

Vlak daarna ging op het Pasteur Instituut in Parijs een groep onder leiding van Luc Montagnier eveneens naar het virus dat Aids veroorzaakte, zoeken. De Franse groep zocht echter niet specifiek naar HTLV-I. Dat bleek verstandig want binnen zeer korte tijd ontdekte Montagnier het bewuste virus, dat duidelijk anders was dan HTLV-I. Halverwege 1983 werd de ontdekking van het virus (dat de Fransen later Lav doopten en inmiddels Hiv heet) in het

blad Science gemeld. Montagnier zond het virus naar verschillende andere laboratoria in de wereld waaronder in 1983 twee keer naar Gallo. De ontdekking van Montagnier werd eerst enige tijd genegeerd, onder andere ook omdat Gallo internationaal zoveel aanzien had en ook zo goed op zijn eigen trom roffelde dat een groot deel van de wetenschappelijke wereld met Gallo van mening was dat Aids door een HTLV-virus werd veroorzaakt.

Halverwege 1984 kon Gallo dan ook vol trots een internationale persconferentie geven met als boodschap dat de oplossing van het Aids-probleem nu naderbij was: de

## De ontkenning

**D**e meeste wetenschappen kennen een negatief kennisgebied, dat ongekennde positieve toepassingsmogelijkheden in zich verborgen heeft. In de natuurkunde gaat het hierbij om antimaterie, tegendeeltjes. En alhoewel het bewijs nog niet geleverd is, moet je wel van erg slechte wil zijn om er aan te twijfelen dat de ontmoeting van een deeltje met een antimaterieel tegendeeltje een neutronenploffje met lichtflits tot gevolg heeft. Waarna in een soort kosmische verdwijnruck beide deeltjes in elkaar zijn opgelost. Dit anti-materiële aspect van de natuur speelt tot nu toe slechts een praktische rol in de science-fiction. Starship Galactica wordt door antimaterie aangedreven. In het voetspoor van andere weten-

wetenschappen die de natuurkunde in het niet-gebied voorgingen, valt ook buiten de film spoedig een sterke opwaardering van de negatieve kant van de materie te verwachten. Waarbij de vraag naar het werkelijkheidsgehalte van de on-werkelijkheid buiten de orde ligt. Want de on-werkelijkheid laat zich per definitie met on-argumenten beschrijven.

Een kennisgebied dat de natuurkunde in het anti-aspect voorging is het strafrecht. Anti-materie wordt daar het abolitionistische perspectief genoemd. Een perspectief, waaronder een anti-strafrechtelijke stroming schuil gaat, die in de wereld van de criminaliteit al voor menig ploffje heeft gezorgd. Abolitionisten pleiten er voor om hun eigen

vakgebied, het strafrecht af te schaffen, om zodoende het aantal strafbaar te plegen feiten te reduceren. Een ongetwijfeld originele en doeltreffende benadering van het criminaliteitsprobleem, die vooral in kringen van misdaad veel waardering ondervindt. Zonder overtreding geen overtreders, waarbij het dan wel voor de anti-abolitionisten te hopen valt dat de dames en heren van de zelfkant in de nieuwe anti-situatie met hun jatten van andermans spulletjes willen afblijven.

De anti-werkelijkheid speelt ook buiten het strafrecht een tamelijk grote rol in onze samenleving. Neem, om eens wat te noemen, het nep-nieuws. Het nieuws dat geen nieuws blijkt te zijn. Of de ingetrokken brief, de brief die volgens de auteur niet



## Een onverkwikkelijke situatie die haaks staat op wetenschappelijke idealen

Amerikanen hadden het virus dat de ziekte veroorzaakte ontdekt.

Rond de Frans-Amerikaanse wedijver zitten een aantal dubieuze aspecten. Zo leek het virus dat Gallo in 1984 presenteerde (en dat hij HTLV-III noemde) verdacht veel op het Lav-virus dat Montagnier hem een jaar eerder had toegestuurd. Ook drukte Gallo

in Science foto's van zijn virus af die later, naar Gallo zelf meldde, van het Franse virus bleken te zijn. Ook blijkt er, zo kwam onlangs naar voren, geknoeid te zijn met brieven. Een brief van medewerkers van het National Cancer Institute aan elkaar waar melding werd gemaakt van de bijzondere werking van het Franse virus, bleek zo in de archieven terecht te zijn gekomen dat de lovende passages over het Franse virus er uit waren verdwenen. Als gevolg van dit alles is er een onverkwikkelijke situatie ontstaan, die haaks staat op elk wetenschappelijk ideaal. De Fransen en Amerikanen zijn in een ingewikkel-

de juridische procedure verwickeld, waarbij het er onder andere om gaat wie recht heeft op de tientallen miljoenen die momenteel met de Aids-test worden verdiend. Immers, de Franse test is in de VS niet toegelaten omdat Gallo zogenaamd de eerste zou zijn geweest. Daarnaast gaat het natuurlijk ook om de Nobelprijs, want dat er de komende tijd Nobelprijzen zullen vallen onder de Aids-onderzoekers, dat staat vast. Want dat is ook één van de dilemma's van Aids: de ziekte die voor heel veel mensen een afschuwelijke dood betekent is voor veel wetenschapsmensen een fascinerende wending in de eigen loopbaan.

Hein Meijers

*geschreven is. Of de non-event, de niet gebeurde gebeurtenis. Maar dergelijke alledaagse uitingen van de anti-werkelijkheid vinden hun meerdere in het beroep dat vooral de medische wetenschap op het tegendeel van zichzelf doet. De grote man hier is de Amerikaanse onderzoeker Meador, die reeds in 1965 complete ziektebeelden vanuit het niet(s) verklaarde. Het gaat om de zogenaamde non-diseases, de niet-ziekten. Wat moeten wij ons hierbij voorstellen? Een potentiële patiënt heeft nergens last van en laat zich niets-vermoedend door zijn huisarts onderzoeken. Deze valt van de ene in de andere verbazing. Immers, afgaande op de symptomen die zich in het interieur van de zichzelf uiterst gezond achtende*

*patiënt aan het kennersoog presenteren, wordt eerstgenoemde geteisterd door een complex van aandoeningen die kunnen variëren van een eenvoudige maagzweer tot een hartkwaal. Omzichtig brengt de geneesheer de patiënt op de hoogte van het slechte nieuws, hetgeen tot een verrassend moment leidt: de patiënt ontkent hardnekkig dat hij ook maar een greintje last zou hebben van de zo deskundig gediagnosticeerde aandoeningen. Pijnlijk, want wie weet beter wat de patiënt mankeert? De dokter die in zijn studie oog in oog heeft gestaan met het onzegbare, of de eigenwijze leek? Dank zij de non-disease van Meador zegeviert uiteindelijk meestal toch de wetenschap en trekt de patiënt aan het kortste eind. Want nadat de*

*behandelende geneesheer de kwaal als niet-ziekte heeft ondergebracht bij een ziekte-verzekeraar, treedt een van de volgende scenario's in werking: De patiënt blijft lijden aan een niet-ziekte en is dus niet-gezond. Na toediening van een niet-medicijn, een erkend geneesmiddel dat in dit geval als placebo maar dan voor de arts werkt, zijn er twee kansen: het niet-medicijn werkt niet en de patiënt zal nu dus zeker als ernstig niet-zieke onder medische behandeling moeten blijven staan. Werkt het niet-medicijn wel dan slaat dubbel negatief met een ploffe om in positief: de patiënt is zelden zo ziek geweest. Waarmee andermaal de ongekende positieve toepassingsmogelijkheden van de negatieve natuur treffend zijn aangetoond.*

## OPGAVEN & PRIJSVRAAG

### Vragen?

De vragen voor gebruik in het onderwijs horen deze maand bij het artikel *Vorstschade aan planten*. Dit artikel is te vinden op de pagina's 246 t/m 255 van deze *Natuur & Techniek*. De vragen zijn gemaakt door G. Schep en H. Dirks, docenten biologie aan de Joke Smit Scholengemeenschap in Amsterdam.



1. Een plant kan bevroering voorkomen door bij vorst niet aanwezig te zijn. Alleen het zaad is aanwezig. Zaad is over het algemeen goed beschermd tegen vorst. Hoe komt dit?
2. Een tweede wijze om vorstschade te voorkomen is gelegen in de mogelijkheid van een plant om zich aan te passen. Hoe doet een plant dit en hoe zorgt een plant ervoor dat hij is aangepast voordat het koud wordt (als alles goed gaat...)?
3. Noem een paar overlevingsstrategieën van een plantensoort met *recalcitrant* zaad in gebieden waar jaarlijks lage tot zeer lage minimumtemperaturen kunnen voorkomen.
4. Noem de twee belangrijkste oorzaken van vochtverlies bij een groenblijvende boom in de winter.
5. Wat is de relatie tussen vriespuntdaling en osmotische waarde?
6. Noem twee redenen waarom een plant, wanneer de vorst in de grond zit, moeilijkheden heeft met zijn waterbalans.
7. Om weerstand te kunnen bieden tegen vorst moet de plant erg flexibel zijn. 'Vorstresistentie vereist verandering van de genexpressie'. Leg deze uitspraak uit en geef er een voorbeeld bij.
8. Vorst leidt bij de plant tot bevroering van de extracellulaire vloeistof, maar d protoplast zal meestal niet bevriezen. Onder andere door een zeer verhoogde osmotische waarde krimpt de cel. Welke verandering treedt er gedurende dit krimpen op, die verantwoordelijk is voor vorstschade?
9. Stel, de winter in Nederland is extreem lang, hij begint in november en eindigt pas begin april. De gemeten minimumtemperaturen zijn niet extreem laag. Een flink aantal planten zal in het begin van de winter afsterven. Leg uit waarom. Van de planten die het begin van de winter overleven, zal een groot deel het einde van de winter niet halen. Leg uit hoe dat komt.
10. Een fruitteiler is bang voor vorst in het voorjaar. Leg uit hoe dat komt.
11. Het in Groningen uitgevoerde vorstresistentie-onderzoek speelt zich op een aantal terreinen af:
  - a) het selecteren van vorstresistente aardappelen,

- b) het beschrijven van de wisselwerking tussen seizoensvolgorde en vorsttolerantie,
- c) het beschrijven van veranderingen binnen de elektrotransportketen onder invloed van vorst,
- d) het beschrijven van vorstgevoelige plantenstructuren.

Welke aandacht zie je in deze onderzoeken voor de land- en tuinbouwaspecten?



Dit prachtige golf- en interferentiepatroon werd vastgelegd door dr K. Th. Eisses, mede-auteur van het artikel 'Aanpassingen' in het januari-nummer van *Natuur & Techniek*.





## Prijsvraag

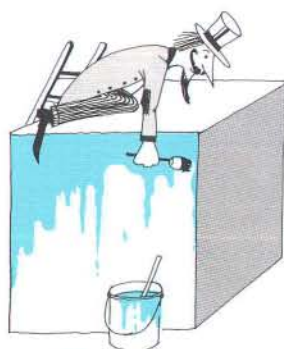
Hoeveel kubussen zijn er waarbij zes, en hoeveel zijn er waarbij vijf kleuringen worden gebruikt?

a. Antwoord: 30.

Leggen we alle gekleurde kubussen zó dat het ondervlak rood is, dan vallen ze in vijf groepen uiteen, al naar gelang de kleur van het bovenvlak  $w, b, g, o, p$  is. Beschouwen we alleen degene met bovenvlak  $w$ , dan kunnen we die nog zo draaien, dat het vlak  $b$

voor komt te liggen. Voor de overige drie vlakken zijn er zes mogelijkheden, nl.  $(g, o, p), (g, p, o), (o, p, g), (o, g, p), (p, g, o), (p, o, g)$ .

Deze zes zijn alle verschillend, want geen dezer zes kubussen laat een draaiing toe, waarbij onder-, boven- en voorvlak opvolgend rood, wit en blauw blijven. Er zijn dus vijf klassen kubussen, die elk zes exemplaren bevat. Totaal dus  $5 \times 6 = 30$ .



Dit is beslist een uitzondering, ook niet-auteurs kunnen inzenden voor deze fotowedstrijd. Voor de winnaar maken we een jaar lang gratis nummers van dit maandblad.

Foto's sturen naar:  
Natuur & Techniek  
Foto van de Maand  
Postbus 415  
6200 AK Maastricht

b. Antwoord 450. Noem de onder  $a$ . gevraagde kleuringen 'a-kubussen', en de onder  $b$  gevraagde 'b-kubussen'. Uit elke  $a$ -kubus kunnen we op 30 manieren een  $b$ -kubus maken door een zijvlak van kleur te veranderen; van elk der zes zijvlakken kan immers de kleur op vijf manieren veranderd worden. Elke  $b$ -kubus kan op deze wijze op twee manieren uit een  $a$ -kubus ontstaan zijn. Heeft de kubus bijvoorbeeld de kleuren  $r, r, w, b, g, o$ , dan kunnen we een  $a$ -kubus maken door de eerste  $r$  door  $p$  te vervangen, en een andere  $a$ -kubus door de tweede  $r$  door  $p$  te vervangen. Deze twee kleuringen zijn niet gelijk want er bestaat geen kubusdraaiing, waarbij twee vlakken worden verwisseld, terwijl de andere vier op hun plaats blijven. Daar er 30  $a$ -kubussen zijn, vinden we in totaal  $\frac{1}{2} \times 30 \times 30 = 450$   $b$ -kubussen.

Twintig inzenders slechts losten het probleem van de gekleurde kubussen geheel foutloos op en verdienen zes punten voor de ladder. Een vijftigtal oplossingen was half goed en leverde drie punten op. De routes waarlangs de oplossingen bereikt werden liepen zeer uiteen. Sommigen stuurden vellen vol millimeterpapier met alle mogelijke kubuskleuringen, anderen bereikten al redenerend een goede oplossing, enkelen zochten hun heil tot wat ik

dan maar de hogere wiskunde noem. René van Klaveren schreef: "Toen ik de prijsvraag las, moest ik direct denken aan de theorie van Pölya die ik twee maanden geleden op college leerde." Waarna na vier kantjes draaiingen en patronenreeksen voor mij geheel onverwacht toch de juiste oplossing verschijnt. We loten echter om de prijzen. De maandprijs (een boek uit de

Wetenschappelijke Bibliotheek) gaat deze maand naar J. Vandevenne uit Gent, terwijl Ronald Cools uit Kalmthout samen met één andere trouwe deelnemer bovenaan de ladder verscheen. Hij had 24 punten, die hij nu kwijt is. Een mooi totaal na 5 rondes waarin steeds zes punten waren te verdienen. Een gratis jaarabonnement op Natuur & Techniek is zijn deel.

### Nieuwe opgave

Een veer met een lengte van  $l_0$  spant men tussen twee punten P en Q. De afstand  $PQ = l > l_0$ . Men brengt de veer in een staande transversale trilling door deze in het midden iets opzij te trekken. De frequentie van de grondtoon hangt af van de lengte  $l$  van de gespannen veer. Dit is voor verschillende waarden van  $l$  getabelleerd. De veerconstante is 9,8 N/m. Bereken de lengte  $l_0$  van de veer in ongespannen toestand en bereken zijn massa.



$l$ (mm)	$f_0$ (Hz)
210	7,6
300	10,2
373	10,9
522	11,9
600	12,2

Deze opgave is ons ter beschikking gesteld door de organisatoren van de Nederlandse Natuurkunde Olympiade.

Om mee te dingen naar de ladder en de maandprijs moeten de inzendingen uiterlijk 6 april op de redactie zijn gearriveerd.

Adres:  
Natuur & Techniek  
Prijsvraag  
Postbus 415  
6200 AK Maastricht

Een volledige naam en adres ook op de envelop vermeld stellen we zeer op prijs.

NATUUR en TECHNIEK verschijnt maandelijks, uitgegeven door de Centrale Uitgeverij en Adviesbureau B.V. te Maastricht.

Redactie en administratie zijn te bereiken op:

Voor Nederland:  
Postbus 415, 6200 AK Maastricht.  
Telefoon: 043-254044\*.

Voor België:  
Tervurenlaan 32, 1040-Brussel.  
Telefoon: 00-3143254044.

Bezoekadres:  
Stokstraat 24, Maastricht.

Advertenties:  
R. van Eck: tel. 043-254044.

De Centrale Uitgeverij is ook uitgever van de Cahiers van de Stichting Bio-Wetenschappen en Maatschappij.

Abonnees op Natuur en Techniek of studenten kunnen zich abonneren op deze cahiers (4 x per jaar) voor de gereduceerde prijs van f 25,- of 485 F.

Abonnementsprijs (12 nummers per jaar, incl. porto):

Voor Nederland, resp. België:  
f 99,50 of 1925 F.

Prijs voor studenten: f 77,50 of 1475 F.

Overige landen: + f 35,- extra porto (zeepost) of + f 45,- tot f 120,- (luchtpost).

Losse nummers: f 8,45 of 175 F (excl. verzendkosten).

Abonnementen op NATUUR en TECHNIEK kunnen ingaan per 1 januari óf per 1 juli, (eventueel met terugwerkende kracht) doch worden dan afgesloten tot het einde van het lopende abonnementsjaar.

Zonder schriftelijke opzegging vóór het einde van elk kalenderjaar, wordt een abonnement automatisch verlengd voor de volgende jaargang. TUSSENTIJDEN kunnen geen abonnementen worden geannuleerd.

Postrekeningen:

Voor Nederland: nr. 1062000 t.n.v. Natuur en Techniek te Maastricht.  
Voor België: nr. 000-0157074-31 t.n.v. Natuur en Techniek te Brussel.

Bankrelaties:

Voor Nederland: AMRO-Bank N.V. te Heerlen, nr. 44.82.00.015.  
Voor België: Kredietbank Brussel, nr. 437.6140651-07.



# VOLGENDE MAAND IN NATUUR EN TECHNIEK

## Celmembranen

In de moderne opvattingen over de celmembranen is het 'vel van de cel' een fantastische dynamische structuur, die actief is betrokken bij talloze fysiologische processen. Dr D. Hoekstra onthult deze dynamiek en laat zien dat iedere celmembranen een eigen identiteit heeft.

## Vulkanisme

Het vulkanisme op aarde is een nasleep van de geboorte van onze planeet. Dr G. Bodifée beschrijft de woelingen die zich onder vulkanen afspelen en hij gaat in op de vraag of op andere planeten en manen van ons zonnestelsel ook sprake is van vulkanisme. En dat leidt tot verrassingen.



## De Balikh-vallei

In deze vallei in Noord-Syrië zijn Nederlandse archeologen bezig een samenhangend beeld van de regionale geschiedenis te achterhalen. Dr P.M.M.G. Akkermans, dr H.H. Curvers, prof dr M.N. van Loon en dr D.J.W. Meijer beschrijven hoe dat in zijn werk gaat.



## Water-ontharding

In bepaalde delen van Nederland en België is het water zo hard dat het om allerlei redenen nodig is het te ontharden. Dr ir A. Graveland geeft een overzicht van de daarvoor ter beschikking staande technieken en de chemische principes waarop deze gebaseerd zijn.



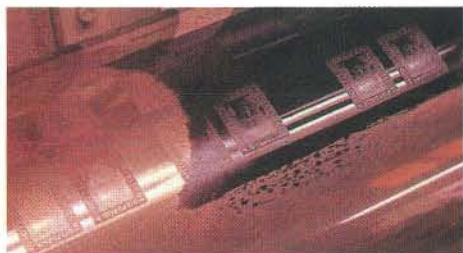
## Drukken

De drukkerij is van ambacht tot een kapitaalintensieve industrie geworden. Ir K.J. Schell geeft een overzicht van deze ontwikkeling en gaat daarbij vooral in op de recente omwentelingen die mogelijk werden dank zij ontwikkelingen in de micro-elektronica en de lasertechnologie.

## Fluorescentie polarisatie

Fluorescentietechnieken worden in de biochemie veel gebruikt. Een variant daarop, gepolariseerde fluorescentie, maakt het mogelijk om macromoleculen gedetailleerd te

bekijken. Dr A.J.W.G. Visser en ing A. van Hoek leggen uit hoe deze fluorescentie ontstaat en gunnen ons een blik op de interne bewegingen van membranen



## TRANSPLANTATIES

Steeds meer zieke organen en weefsels kunnen getransplanteerd worden. Sommige ingrepen bevinden zich nog in een experimenteel stadium, andere niet meer. De afstoting van het donororgaan is geen probleem meer. Hoewel de vooruitgang in medisch-technische zin overduidelijk is, zijn er toch nog problemen te overwinnen. Zo waren jaren van discussie nodig om te komen tot richtlijnen voor de vaststelling van de dood van een donor. Ook de kosten vormen een probleem en men beschikt over onvoldoende mogelijkheden om te bepalen wat wel en wat niet in het ziekenfondspakket opgenomen kan worden. Er is een groot tekort aan donororganen. In België is onlangs wettelijk vastgesteld dat bij iedereen na overlijden organen verwijderd mogen worden, tenzij men duidelijk te kennen geeft dat niet te willen. In Nederland wil men niet aan zo'n systeem. Voorlopig blijft daar voorlichting, zowel aan het publiek als aan werkers in de gezondheidszorg, de aangewezen weg.



### Inhoud en auteurs

#### Orgaan- en weefseltransplantaties

G.G. Persijn

#### Afstoting van getransplanteerde organen

L.C. Paul

#### Harttransplantaties

H.A. Huysmans

#### Dialyse en niertransplantatie

W. Wiemar

#### Niertransplantatie bij kinderen

E.D. Wolff

#### Beenmergtransplantatie

B. Löwenberg en A. Hagenbeek

#### Hoornvliettransplantatie

H.J.M. Völker-Dieben

#### (Nier)donoren

L.G. van Dijke en B. Cohen

#### De diagnose hersendood

S.L. Visser

#### Doodscriteria

H.A.H. van Till-d'Aulnis de Bourouill

#### Kosten en effectiviteit van transplantaties

S. van der Kooij

#### Het leven als een kwaliteit

J. Bergsma

Voor abonnees op de Cahiers Biowetenschappen en Maatschappij is dit nummer 2 van de 11e jaargang.

Abonnementsprijs (4 cahiers per jaar) f 25,00 of 485 F. Losse nummers f 7,50 of 145 F (excl. verzendkosten).

Verkrijgbaar bij: Natuur en Techniek – Informatiecentrum – Op de Thermen – Postbus 415 – 6200 AK Maastricht – Tel. 043-254044. Vanuit België: 00-31-43254044.